

Az istállótrágyázás és a műtrágyázás hatásának összehasonlítása a világ ismertebb tartamkísérleteiben

A műtrágyázás kezdete óta foglalkoztatja a kutatókat az a kérdés, milyen hatással van a műtrágyázás a termésre és a talajra, miben különbözik hatása az istállótrágyázástól és lehet-e istállótrágya nélkül, csak műtrágyával is termelni, vagy a műtrágya csak kiegészítője lehet az istállótrágyának.

A mezőgazdasági kutatás úttörői már a múlt század közepén megindították a kutatásokat az istállótrágya és a műtrágyák viszonyának vizsgálatára. A múlt század nagy agrokémikusai azt is tisztán látták, hogy ezt a kérdést nem lehet néhány év alatt eldönteni. A trágyázás hatása a növényre sok tényező függvénye, elsősorban az időjárásé, tehát évente igen változó és csak sokévi átlagból lehet következtetéseket levonni. A trágyázásnak, a növényállománynak a talajra gyakorolt hatása pedig évente igen kicsi, hiszen tömegük elenyésző a talaj óriási tömegéhez képest. De hatásuk állandó és következetes, úgy-hogy ami néhány év alatt még nem mutatható ki, az évtizedek alatt világossá válik.

Ennek a felismerésnek köszönhető, hogy a múlt század közepe táján megindított kísérleteket változtatás nélkül — vagy nem lényegbevágó változtatással — folytatták nemcsak a kísérletek megindítóit, hanem azok utódai is és ezekből fejlődtek ki a világ felbecsülhetetlen értékű tartamkísérletei, melyek pl. Rothamstedben 120, Halleban 90, Askovban 70 éve folynak.

A következőkben azoknak a különböző országokban folyó, különböző célú és el-

rendezésű tartamkísérleteknek az adatait állítottam össze, amelyek valamilyen formában magukban foglalják az istállótrágya és a műtrágyák hatásának vizsgálatát.

Az ismert tartamkísérletekben az istállótrágya és a műtrágya hatását kétféle módon vizsgálták:

a) A tápanyagazonosság elve alapján, vagyis ugyanannyi tápanyagot adtak istállótrágya és műtrágya alakjában, s ilyen alapon hasonlították össze a kétféle trágya hatását (pl. Askov, részben Halle), vagy

b) a gyakorlat szokásainak megfelelő adagokban adták az istállótrágyát és a műtrágyát is (pl. Rothamsted, Lauchstadt, Dikopshof). A kísérletek ez utóbbi csoportjánál az összehasonlítás természetesen nehezebb.

A sokféle kísérletnek lehetőleg egységes módon való tárgyalása nem volt könnyű feladat. A szakirodalomban megjelent számos adat ellenére is kevés kísérletnek találtam meg a részletes, minden oldalra kiterjedő ismertetését. A közölt adatok hiányossága az irodalmi adatok hiányosságából adódik. Különös nehézséget okozott az egyes kísérleti helyek talajának jellemzése. A régebbi, valamint a nyugati irodalmi adatokban a miénkhez hasonló genetikai típus megjelöléseknek nyoma sincs és általában a talajok jellemzése hiányos. Csak olyan kísérleteket közlök, ahol a kísérlet kezeléseit, az adott trágyák mennyiségét és a kísérlet elrendezését sikerült megállapítanom, mivel ezen adatok ismerete nélkül a kísérletek eredményeinek értékelése lehetetlen.

I. Angliai tartamkísérletek

[3, 4, 6, 18, 21, 22, 31, 33]

Rothamsted

A legrégebbi trágyázási kísérletek a Rothamsted Kísérleti Állomáson folynak.

A Rothamsted Kísérleti Állomást Lawes és Gilbert alapították. Kísérleteiket 1843-ban kezdték meg a Lawes birtokában levő területen, s az általuk megkezdett

kísérletek nagyrésze a mai napig megszaktítás nélkül folyik.

Rothamsted Harpenden helységhez tartozik, London közelében, a tenger szintje felett 130 m magasságban fekszik. Éghajlata óceáni. Az évi csapadék mennyisége 750 mm körül van, az évi középhőmérséklet pedig 8,2 C fok. A hőmérséklet havi és

1. tábl-

Broadbalk, búza

Az adott trágyák évi mennyisége

Kezelés	Istállótrágya	(NH ₄) ₂ SO ₄	NaNO ₃	1852—1861.	1862—1871.
∅	—	—	—	11,1	10,3
Istállótrágya	350	—	—	24,0	26,6
PKNaMg	—	—	—	12,9	11,0
PKNaMg + N ₁	—	2,5	—	19,0	18,4
PKNaMg + N ₂	—	5,0	—	24,1	25,7
PKNaMg + N ₃	—	7,5	—	25,1	29,1
PKNaMg + N ₁	—	—	3,1	—	—
PKNaMg + N ₂	—	—	6,2	—	—
N ₂	—	5,0	—	16,2	18,3
N ₂ P	—	5,0	—	19,6	20,0
N ₂ PNa	—	5,0	—	23,3	24,5
N ₂ PK	—	5,0	—	23,3	25,0
N ₂ PKNaMg*	—	5,0	—	23,0	24,5
N ₂ PKNaMg**	—	5,0	—	22,2	22,4
N ₂ PKNaMg***	—	5,0	—	13,0	12,0
N ₂ KNaMg	—	5,0	—	—	—

* Ammóniumsulfát ősszel adva (a többi kezelésben 1/4 ősszel, 3/4 tavasszal).

** A N-t és PK-t évenként felváltva adták. Az adatok az N-trágyázás évére vonatkoznak.

*** A N-t és PK-t évenként felváltva adták. Az adatok a PK-trágyázás évére vonatkoznak.

napi átlagértékeinek ingadozása kicsi. A június havi átlag hőmérséklet 15,8, a januári +3 C fok. A csapadék maximuma az őszi, minimuma a tavaszi hónapokra esik.

A kísérlet talaja gyengén karbonátos agyagos vályog.

Az első kísérlet célja a búza táplálkozásának vizsgálata, valamint annak a kérdésnek a tanulmányozása volt, lehet-e a búzát hosszú időn keresztül monokultúrában termeszteni. Később más növényekkel és más helyen: a rothamstedi intézethez tartozó Woburn-i kísérleti állomáson is állítottak be hasonló kísérleteket, melyek szintén folynak mind a mai napig. A kísérletek a következők:

Rothamsted, Broadbalkfield. Búza monokultúra 1843-tól.

Rothamsted, Hoosfield. Árpa monokultúra 1852-től.

Rothamsted, Hoosfield. Búza-ugar váltakozva 1851-től.

Rothamsted, Hoosfield. Burgonya monokultúra 1876—1901-ig.

Rothamsted, Barnfield. Répa monokultúra 1876-től.

Rothamsted, Park grass. Gyep 1856-től.

Rothamsted, Agdellfield. Négyes forgó 1848-tól.

Woburn, Stackyardfield. Búza és árpa monokultúra 1876-től.

Broadbalk (Rothamsted). Búza monokultúra.

Broadbalk talaját átlagos búzatalajként jellemzik. Alapközeze mészkő. Víz-áteresztőképessége jó, ezen felül 1849-ben alagesővezték is. Nyugat—kelet irányban a kísérleti terület kissé lejt.

A talaj pH-ja (KCl-ban) 6,9—7,1, mésztartalma 1853-ban 5,3—5,6% volt.

A kísérlet mintegy 20 különféle módon trágyázott parcellából áll, összes területe mintegy 4,5 ha. A nyújtott alakú parcellákat széles út választja el egymástól. Egy-egy parcella területe mintegy 200 m², ismétlése nincs.

A kísérlet folyamán a parcellák kezelésében kisebb változtatások voltak ugyan, ezek azonban a kísérlet lényegét nem érintették.

A kísérlet elsősorban hiánykísérlet, ezen kívül vizsgálja a nitrogén adag növekedésének, az ammóniumsulfát és nátrium-nitrát műtrágyának, valamint a N és PK trágyáknak az utóhatását. Ezenkívül tartalmaz istállótrágyás kezelést is, bár az istálló- és műtrágya hatásának össze-

lázat

monokultúra

és a termés átlagértékei, q/ha

1872—1881.	1882—1891.	1892—1901.	1902—1911.	1912—1921.	1922—1931.	1852—1925.
7,1	8,6	8,9	8,0	6,7	6,9	8,4
20,4	26,5	28,4	26,1	20,9	18,6	24,3
9,4	9,6	10,8	10,0	7,6	8,0	9,7
13,4	17,1	16,6	15,7	12,1	12,3	15,6
19,1	24,5	22,9	22,8	17,7	17,6	22,0
22,2	27,0	27,8	27,5	20,6	18,1	25,1
—	—	20,3	20,9	15,6	14,7	17,4
—	25,7	23,1	24,6	18,8	17,9	22,3
12,0	13,5	13,1	13,9	10,9	13,0	13,6
15,3	16,0	14,0	15,0	11,4	13,5	15,4
17,9	21,0	19,0	20,5	15,2	15,4	19,6
18,9	22,9	21,0	23,6	16,9	16,6	21,2
18,8	22,4	19,4	22,4	14,7	14,7	20,1
18,0	23,0	21,0	22,4	15,4	14,7	20,1
8,1	9,6	11,6	10,1	7,9	8,8	10,1
—	—	—	12,0	12,4	12,3	12,9

P 4,4 q/ha szuperfoszfát

K = 2,5 q/ha káliumszulfát

Na = 1,2 q/ha nátriumszulfát

Mg = 1,2 q/ha magnéziumszulfát

360 q istállótrágya tápanyagtartalma az elemzési adatok szerint átlagosan 220 kg

N, 110 kg P₂O₅, 220 kg K₂O.

N₁ = 47 kg/ha N

N₂ = 94 kg/ha N

N₃ = 141 kg/ha N

hasonlítását megnehezíti, hogy a kétféle trágyát nem hatóanyag-azonosság alapján adták.

A kísérlet kezeléseit, az adott trágyák mennyiségét, valamint a terméseredményeket az 1. táblázatban láthatjuk.

Mint a táblázatból látható, az istállótrágyában adták a legtöbb N tápanyagot, ennek ellenére a teljes műtrágya — 141 kg/ha nitrogéntartalommal — adta a legnagyobb termést.

A táblázatból látható a termések csökkenése 8 évtized alatt. A trágyázatlan parcella termése 11,1 q-ról 6,9 q-ra, az istállótrágyázott 24-ről 18,6 q-ra, a teljes műtrágyával trágyázott parcella termése pedig 25,1-ről 18,1 q-ra csökkent. A trágyázott parcellákon csak 60 év után lehetett tapasztalni termésesökkenést.

A trágyázatlan parcella 1839. óta nem kapott semmiféle trágyát. Termése 10 évenként mintegy 0,6 q/ha szemterméssel csökkent. Az évi termések 16 és 3 q/ha között ingadoztak az időjárás, növényi kártevők és betegségek hatása következtében. Ugarolás után a termés mindig megkészeződött.

Az istállótrágyás parcellán, amint erre még visszatérek, a szervesanyag jelentősen növekedett. Ez a talaj sötétebb színéből

is látható. A talaj művelése könnyebb, mint a többi parcellán. A termések ezen a parcellán kevésbé ingadoznak, mint a műtrágyázottakon.

A műtrágyás parcella termése a legnagyobb adagú nitrogénnel csaknem mindig megdől, ezáltal mennyisége csökken. Így is több azonban, mint a jóval nagyobb tápanyagtartalmú istállótrágyával trágyázott parcelláé, bár szervesanyagot a leszántott tarlómaradványokon kívül nem kapott és a parcella talajának szervesanyag-tartalma, mint a későbbiekben még utalok rá, csaknem fele az istállótrágyázott parcella szervesanyag tartalmának.

Hoosfield (Rothamsted). Árpa monokultúra.

Lawes a búza mellett árpával is állított be monokultúra kísérletet a talaj termékenységének vizsgálatára. Hoosfield tábla Broadbalkfield tábla közvetlen közelében terül el, talajviszonyaik megegyezők. Hoosfield területe teljesen sík és nem alagsóvezett. A parcellák közel négyzet alakúak, területük 74 m², de egyes parcelláké csak 45 m².

A kísérletben vetett árpa fajtája többször változott. A vetőmag mennyisége az eltelt kísérleti időszakban kb. egyforma

2. táblázat

Hoosfield (Rothamsted). Árpa monokultúra
Az adott tápanyagok mennyisége és a terméseredmények

Kezelés	Az adott tápanyagok mennyisége kg/ha			Termés q/ha					
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1852— 1871.	1872— 1891.	1892— 1912.	1913— 1926.	1852— 1926.	viszony- szám
Trágyázatlan	—	—	—	10.8	7.1	5.2	5.0	7.2	100
350 q istállótrágya	225	87	263	26.0	26.3	23.8	17.7	23.9	314
1872-től trágyázatlan ...	—	—	—	—	16.2	10.4	8.2	12.0	158
NO ₃ + PKNaMg	48	74	110	26.8	22.2	19.9	16.2	20.2	266
NH ₃ + PKNaMg	48	74	110	24.9	22.0	20.1	16.4	21.7	278

volt. Az istállótrágyákat és a műtrágyákat tavasszal szórták ki. A trágyázás a következőképpen történt: négy főparcellára (trágyázatlan, P, KNaMg, PKNa Mg) keresztbe adtak ammónia műtrágyát, nitrát műtrágyát és repcepegőcsát. Összehasonlítás céljából a kísérlet mellett van még egy parcella, melyre évente 350 q/ha istállótrágyát adtak, majd 1871-ben a parcellát megfélezték és felén beszüntették a trágyázást, a másik fele kapta tovább az eddig kapott istállótrágya adagot. Az adott trágyák mennyisége, valamint a kísérlet első 75 évének terméseredményei a 2. táblázatban láthatók.

Az istállótrágya hatását a műtrágyával összehasonlítani a fenti kísérlethöz nehéz, mert az istállótrágyában csaknem ötször annyi nitrogént adtak és kétszer annyi káliumot, mint a műtrágyában. A műtrágyázott parcellák termése ennek ellenére nem maradt nagyon le az istállótrágyázottak mögött. A termés 75 év során a trágyázott parcellákon mintegy 30%-kal lett kisebb, míg a trágyázatlanon felére csökkent. Az adott tápanyagok nagyobb mennyisége folytán a szem foszfor- és káliumtartalma az istállótrágyázott parcellák termésében nagyobb volt, mint a műtrágyázott parcellák termésében.

A 20 éven keresztül istállótrágyázott és a kezdettől fogva trágyázatlan parcella termése között, az istállótrágyázás megszűnte után még 75 évvel is láthatunk különbséget. Tehát a 20 éves istállótrágyázás kumulatív hatása még 75 év múltán is megmutatkozik.

Barnfield (Rothamsted). Répa monokultúra kísérlet

A kísérlet 1843. óta folyik takarmányrépával, tarlórépával, rövid megszakítás-

sal 1853—55-ig árpával, majd karórépával, cukorrépával, végül 1876-tól ismét takarmányrépával.

Barnfield kísérleti területe mintegy 3,2 ha. Az egyes parcellák kb. 55 m² nagyságúak. A talaj hasonló Rothamsted többi táblájának talajához. A parcellák négyzet alakúak.

A kísérlet fő parcellái: Istállótrágya + PK, istállótrágya, PK, P és trágyázatlan. E fő parcellákra keresztben helyezik el a különböző nitrogén trágyákat: ammónium-N + repcepegőcsa, repcepegőcsa, ammónium-N, nitrát-N és trágyázatlan.

Az istállótrágya mennyisége 350 q/ha, 224 kg N, 87 kg P₂O₅ és 263 kg K₂O tartalommal. A trágyaként adott repcepegőcsa 112 kg N-t, 45 kg P₂O₅-t és 22 kg K₂O-t tartalmaz. Az ammónium- és nitrát-N trágyák N tartalma 96 kg, a foszfortrágya 74 kg P₂O₅-t tartalmazó szuperfoszfát, a kálium trágya pedig 274 kg K₂O-t tartalmazó kénsavas kálium.

Az istállótrágya és a műtrágya hatásának összehasonlítására leginkább alkalmas kezelések terméseredményeit a 3. táblázat mutatja.

Mint látható, a termés mennyisége a kísérlet 50 éve alatt a trágyázott parcellákon egyáltalában nem csökkent, sőt még inkább növekedett. A trágyázatlan parcellán viszont mintegy 30%-os termés-csökkenés látható. A foszfor és a kálium mennyisége az istállótrágyában és a műtrágyában nagyjából egyforma volt, az istállótrágyában viszont kb. két és félszer annyi nitrogént adtak, mint a műtrágyában. Így természetes, hogy az istállótrágyázott parcella termése nagyobb volt a műtrágyázotténál. A nitrát-N jobban hatott, mint az ammónia-N — az ammóniumsók talajt savanyító hatásánál fogva.

3. táblázat
Barnfield (Rothamsted). Takarmányrépa kísérlet
Terméseredmények q/ha

Kezelés	1876—1885.	1886—1895.	1896—1905.	1906—1915.	1916—1925.	1876—1925.
Trágyázatlan	103,0	99,2	86,1	68,2	67,7	84,5
Istállótrágya	395,8	476,7	440,0	457,0	415,0	436,5
PK + amm. N	356,8	332,3	316,5	321,9	368,7	339,2
PK + nitrát N	400,1	340,0	357,3	353,0	405,9	371,3

Hoosfield (Rothamsted). Burgonya monokultúra kísérlet

Hoosfield egy részén 1876—1901. években burgonya kísérlet folyt. Rothamsted kötött talaja és nedves klímája nem kedvez a burgonyatermesztésnek. Ezért a kísérlet 26 éve alatt a termesztett fajtát hatszor kellett változtatni. Az időjárás változása és a gyakran fellépő növényi betegségek is közrejátszottak a termés nagy ingadozásában.

A kísérlet kezeléseit és terméseredményeit a 4. táblázatban láthatók.

Istállótrágya alakjában tehát ebben a kísérletben is kb. 2½-szer annyi N-t adtak, mint a műtrágyában. Érdekes, hogy ennek ellenére is a műtrágya hatására volt nagyobb a burgonya termése. 26 év alatt a műtrágyázott parcellákon kb. felére, a trágyázatlanon ⅓-ra csökkent a gumótermés mennyisége. Az istállótrágyázott parcellán volt viszonylag legkisebb — mintegy 30%-os — a termésnövekedés. A 6 éves trágyázás, annak megszüntése után, még néhány évig éreztette hatását a termésre.

Az ammóniumsók káros savanyító hatása a burgonyánál 26 év alatt még nem mutatkozott meg.

Woburn (Stackyardfield). Búza és árpa monokultúra [3, 18]

1876-ban a rothamstedi kísérletek mintájára a Woburn-i uradalomban is állítottak be kísérleteket.

Woburn néhány km-rel északnyugatra fekszik Rothamstedtől. Éghajlati viszonyai a csekély távolság ellenére is igen eltérőek. Az évi átlagos csapadék mennyisége 570 mm (a rothamstedi 750 mm-rel szemben).

Nagy a különbség a két kísérleti állomás talajviszonyaiban is. Stackyardfield talaja vöröses színű, könnyű homokos vályog, sárgás homok altalajon. Mészben szegény, foszforral és káliummal viszonylag jól ellátott talaj. Szervesanyag és nitrogén tartalma a kísérlet kezdetekor igen nagy volt, ami azzal magyarázható, hogy a terület néhány évvel előtte még rét volt. Vízretartóképessége, annak ellenére, hogy homoktalaj, elég jó.

A kiindulási talaj elemzési adatai a következők voltak: szerves anyag 4,3%, összes P₂O₅ 0,156%, összes K₂O 0,286%, mészh 0,308%, szerves nitrogén 0,166%.

A területen 1876. óta búza és árpa monokultúra kísérlet folyik. Mindkét kísérletet azonos tervezet szerint, 1,1 ha

4. táblázat
Hoosfield (Rothamsted). Burgonya monokultúra
Terméseredmények q/ha

Kezelés	1876—1880.	1881—1885.	1886—1890.	1891—1895.	1896—1900.	1876—1901.
Trágyázatlan	58,4	50,0	25,4	24,6	17,0	34,4
350 q/ha ist. trágya	133,5	127,4	93,7	159,6	97,2	119,4
350 q ist. tr. 1876—81.	117,6	110,3	51,9	46,9	28,6	68,8
Amm. N.—PKNaMg	172,4	192,8	104,6	128,7	82,3	132,3
Nitrát N—PKNaMg	184,4	172,7	112,4	142,0	87,0	136,5

N = 96 kg/ha

P = 74 kg/ha P₂O₅ szuperfoszfát alakban

K = 165 kg/ha K₂O K₂SO₄ alakban.

területen állították be. Egyes parcellák területe 100 m², mások feleakkorák. A talaj az idők folyamán a trágyázás következtében több parcellán elsavanyodott. Ezért később felosztották a parcellákat, a

5. táblázat

Stackyardfield (Woburn). Búza monokultúra
Terméseredmények q/ha szemtermés

Kezelés	1877—1886.	1887—1896.	1897—1906.	1907—1916.	1917—1926.	1877—1926 q/ha viszonyszám
Trágyázatlan	11,5	9,1	6,5	6,6	4,8	7,7 100
Istállótrágya	17,9	18,7	16,1	13,2	11,9	15,6 202
2 NO ₃ + PKNaMg	21,8	20,2	15,9	11,1	10,8	15,9 207
2 NH ₃ + PKNaMg	21,2	19,5	16,4	10,6	6,4	14,8 192

meszezés hatásának a tanulmányozása.

Az adott trágyaadagok a következők voltak:

Istállótrágya 1906-ig 184 kg/ha N tartalomnak megfelelő mennyiség, 1907-től 92 kg/ha N tartalomnak megfelelő mennyiség.

N adagok: 1906-ig az egyszeres adag 48 kg/ha N, 1907-től 24 kg/ha N.

P₂O₅ adag: 1906-ig 74 kg/ha P₂O₅ (440 kg/ha szuperfoszfát), 1907-től 62 kg/ha P₂O₅.

K₂O adag: 1907-ig 112 kg/ha K₂O (kén-savas kálium alakjában), 1907-től 80 kg/ha K₂O.

A Na és Mg adag 112 kg/ha Na-, ill. Mg-szulfát 1906-ig, utána a Na és Mg trágyázást megszüntették.

A búza monokultúra kísérlet terméseredményei az 5. táblázatban láthatók.

A kísérlet 50 éve során mind a trágyázatlan, mind a trágyázott parcellák termése erősen csökkent: a trágyázatlan 1/3-ára, a nitráttal műtrágyázott felére, az istállótrágyázott parcella termése pedig 2/3-ára esett. Az ammónium trágyával trágyázott parcella termése 50 év után kevesebb, mint 1/3-a a kezdeti termésnek, az ammónium trágya káros savanyító hatása folytán.

50 év alatt a műtrágyázott parcella nem adott kevesebb termést, mint az istállótrágyázott, annak ellenére, hogy az

istállótrágyában több N-t adtunk, mint a műtrágyában.

Mint látható, a broadbalki és a stackyardfieldi búza monokultúra kísérlet eredményeinek összehasonlítása elég nehéz, mert az adott trágyaadagok nem voltak azonosak. A hasonló trágyaadagok okozta termés, valamint a termés csökkenése az idők folyamán — mely nemcsak a talaj tápanyagokban való elszegényedésére, hanem a növényi kártevők és gyomok elszaporodására vezethető vissza — a két kísérletben hasonló volt a különböző éghajlati és talajviszonyok ellenére is.

A búza kísérlettel egyidőben árpa kísérlet is indult Woburn-ben, a búza kísérletével azonos kezelésekkkel és trágyaadagokkal. A kísérlet terméseredményeit a 6. táblázat mutatja.

Az árpa termése, mint látható, 50 év alatt még nagyobb mértékben csökkent, mint a búzáé. A trágyázatlan és a nitrát nitrogénnel trágyázott parcella 1/3-át, az istállótrágyázott parcella 2/3-át adta 50 év után az eredeti termésének. Különösen nagy az ammóniumszulfáttal trágyázott parcella termésének csökkenése, amely 30 év múltával már úgyszólván nem is adott termést. Ennek oka ez esetben is a talaj elsavanyosodására vezethető vissza. Meszezés esetén e parcella termése eléri a nitrátrágyával trágyázott parcella termését.

6. táblázat

Stackyardfield. (Woburn) Árpa monokultúra
Terméseredmények q/ha szemtermés

Kezelés	1877—1886.	1887—1896.	1897—1906.	1907—1916.	1917—1926.	1877—1926.	Viszonyszám
Trágyázatlan	13,4	9,4	6,7	5,0	4,2	7,7	100
Istállótrágya	21,5	21,5	19,7	16,6	13,9	18,6	241
2 NO ₃ + PKNaMg	24,7	22,1	19,0	10,6	9,0	17,1	220
2 NH ₃ + PKNaMg	23,1	18,9	3,8	1,6	2,6	10,0	129

7. táblázat

Saxmundham, Suffolk (Anglia)

Kezelés	Adott trágyaféleség q/ha			Termés 1901—1956. évek átlagában q/ha				
	istállótrágya	NaNO ₃	szuperfoszfát	KCl	Búza	Takar-mányrépa	Árpa	Here-széna
Ø	—	—	—	—	12,4	108	8,9	41,6
Istállótrágya	150	—	—	—	22,8	465	17,7	97,1
NPK	—	2,5	2,5	1,25	23,2	470	19,2	75,2

Saxmundham, Suffolk (Anglia) [3, 5, 18].

1899. óta Saxmundham karbonátos podzol talaján is folyik a rothamstedihez hasonló kísérlet, négyszakaszos vetésforgóban. A vetésforgó növényei: búza, takarmányrépa, árpa, pillangós növény (bab vagy vöröshere).

A kísérlet azon kezeléseit, melyek alkalmasak az istállótrágya és a műtrágyák hatásának összehasonlítására, a 7. táblázatban ismertetem terméseredményeikkel együtt.

A 150 q istállótrágyában kb. 90 kg N van, míg a 2,5 q NaNO₃ 15%-os N tartalom mellett 37 kg N-t tartalmaz. Ennek ellenére 55 év átlagában a here kivételével a többi növényenél a műtrágya nagyobb termést adott, mint az istállótrágya.

A fentemlített hosszú évtizedes kísérletekben igen érdekes a talaj változása a különböző trágyázás hatására. A broadbalkfieldi kísérletben a talaj összes N és C tartalma a következőképpen változott:

Kezelés	Összes N% 1865.	Összes N% 1944.	Összes C% 1944.
Ø	0,105	0,106	1,09
NPK	0,117	0,121	1,20
Istállótrágya	0,175	0,236	2,59

II. Németországi tartamkísérletek

[6, 15, 18, 19, 19, 24, 25, 26, 27]

Halle, „Ewiger Roggenbau”

A kísérletet 1878-ban állította be Kühn a hosszú ideig tartó istállótrágyázás és műtrágyázás hatásának összehasonlítására és az egyes tápanyag-hiányok hatásának a vizsgálatára. Kühn célja az volt, hogy adatokat nyerjen számos kérdés megvilágítására: mennyi ideig tudja pótolni a műtrágya az istállótrágyát, meddig lehetséges egyes tápanyagok nélkül termelni, milyen különbségeket fog mutatni

A 100 éves trágyázás hatására az istállótrágyázott parcellán több, mint kétszerannyi volt a C tartalom és csaknem kétszerannyi volt a N tartalom, mint a műtrágyázott parcellán, ennek ellenére a termés a műtrágya hatására volt a nagyobb. Az istállótrágyázott parcellán a C tartalom növekedése 1914-ig tartott, azóta nem növekedett. A kísérlet folyamán adott istállótrágyának 1944-ig $\frac{1}{6}$ — $\frac{1}{7}$ -része maradt a talajban Broadbalkfielden, a többi elbomlott. WORREN [33] és CHAMBERS [4] szerint 1843—1921-ig az istállótrágya káliumtartalmának 28%-a érvényesült, a műtrágya káliumtartalmának pedig 51%-a.

A sok évtizedes angliai kísérletek azt mutatták, hogy az istállótrágyának az adott viszonyok között különleges hatása nem volt. Sok esetben fele vagy $\frac{1}{3}$ annyi nitrogént tartalmazó műtrágya nagyobb termést adott hosszú évtizedek alatt, mint az istállótrágya. Az istállótrágya hatására a talaj szervesanyag, nitrogén stb. tartalma jobban megnövekedett, mint a műtrágya hatására. Azonban e nagyobb szervesanyag- és összes tápanyag tartalmú parcellák sem adtak nagyobb termést, mint a műtrágyázottak.

a talaj hosszú évek múltán az istállótrágyázás és a műtrágyázás hatására.

Az idők folyamán az eredeti kísérletből sok kezelést elhagytak, de az „Ewiger Roggenbau” néven ismert rozs monokultúra kísérlet változatlanul folyik 1878 óta.

A kísérlet talaja MERKER [19] és KOLBE [15] jellemzése szerint diluviális eredetű, humuszos, homokos vályog. Genetikai típusát illetően eszernozjom jellegű talaj (Schwarzerdeähnlicher Boden), bár

8. táblázat

„Ewiger Roggenbau”, Halle
A kísérlet terméseredményei évi átlagban, q/ha szárazanyag

Kezelés	1879—1893.	1894—1908.	1909—1923.	1924—1938.	1939—1953.	1879—1953.
<i>Szemtermés</i>						
Istállótrágya	23,0	23,1	18,5	23,2	22,8	22,2
NPK	26,0	23,4	17,9	22,2	19,6	21,8
Trágyázatlan	18,1	14,8	9,6	10,9	9,5	12,6
<i>Összes termés</i>						
Istállótrágya	64,6	73,1	62,2	63,8	60,2	64,8
NPK	72,8	74,3	60,1	64,1	56,3	65,5
Trágyázatlan	50,5	44,5	31,8	29,2	26,1	36,4

a talajvíz mélysége 1,5—2 m. Reakciója semleges, gyengén savanyú. A tenger szintje felett 133 m-re fekszik.

A kísérleti terület csapadékmennyisége a magyarországihoz hasonló, az évi átlagos csapadék 501 mm, a csapadék eloszlása azonban a miénknél sokkal egyenletesebb. Az évi középhőmérséklet a miénknél alacsonyabb, 9,5 °C.

A kísérlet 5 db 1000 m²-es parcellából áll, ismétlése nincs. Az egyes kezelések évente a következő trágyaadagokat kapták:

Évi trágya-, illetve tápanyagmennyiség kg/ha

Kezelés	Istállótrágya	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Istállótrágya	12000	—	—	—
Ásványi trágya (PK)	—	—	56	90
Teljes trágya (NPK)	—	40	56	90
N trágya	—	40	—	—
Trágyázatlan	—	—	—	—

Az évenként adott 12 000 kg istállótrágya az utóbbi évek elemzési eredményei alapján számítva 65—70 kg nitrogént, 45—50 kg foszfort és 70—75 kg káliumot tartalmaz.

A műtrágyázott parcellákon a nitrogént megosztva adták, egy részét ősszel kén-

savas ammónia, másik részét tavasszal mészammónsalétrom alakjában. A foszfor-műtrágyát a kísérlet első évtizedeiben szuperfoszfát, majd az utóbbi időben Thomas-foszfát alakjában adták, kálium műtrágyának pedig a kísérlet kezdete óta kainitot adnak.

A továbbiakban a kísérleti parcellák közül csak azoknak a termés-, illetve talajvizsgálati adatait tárgyalom, amelyek témámmal szorosan kapcsolatosak, vagyis az istállótrágya és a műtrágya hatásának összehasonlításához szolgáltatnak adatokat.

A kísérlet terméseredményeit a 8. táblázat mutatja.

A termésmennyiség évenkénti ingadozása a kísérlet folyamán igen nagy volt. Ennek oka SCHMALFUSS [25] és MERKER [19] szerint egyrészt az időjárás hatásában kereshető, másrészt abban, hogy a kísérletben termesztett rozs fajtáját gyakran változtatták. Mindenesetre az évenkénti, sőt a tizenöt-évenkénti termések erős ingadozása ellenére is megfigyelhető a termések állandó csökkenő irányzata. Ez a termés-csökkenés az istállótrágyázott parcellán alig, a műtrágyázott parcellán erősebben vehető észre és legnagyobb a trágyázatlan parcellán.

Az istállótrágyázott parcella termését 100-nak véve, az első 15 évben a műtrágya-

9. táblázat

„Ewiger Roggenbau”, Halle
Az összes termés mennyisége t/ha szárazanyag

Év	Istállótrágya		NPK		Trágyázatlan	
	szem	összes	szem	összes	szem	összes
1879—1953	166,0	485,8	163,6	491,3	94,4	273,1

10. táblázat

„Ewiger Roggenbau”, Halle
A termés NPK és Ca tartalma 1951—53. évek átlagában, szárazanyag %

Trágyázás	Szem				Szalma			
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO
Istállótrágya	1,60	0,91	0,71	0,06	0,39	0,22	1,34	0,43
NPK	1,45	0,90	0,71	0,06	0,39	0,18	1,05	0,42
Trágyázatlan	1,52	0,88	0,70	0,06	0,39	0,17	0,71	0,54

zott parcella szemtermése 112,6% volt és 75 év alatt 85,7%-ra csökkent. A szalma-termés nem csökkent ilyen mértékben, 1939—53. években is még 100 körül volt. MERKER szerint az istállótrágya fokozatos fölénybe kerülése a műtrágyával szemben valószínűleg a talaj fizikai, kémiai és biológiai feltételeinek a javulására vezethető vissza. SCHMALFUSS az állandó termés-csökkenést a monokultúra hatásának tulajdonítja. Ilyen csökkenés szerinte monokultúráknál általában be szokott következni.

A termés ingadozása ellenére, mint a 9. táblázat mutatja, a kísérlet kezdete óta learatott termések mennyiségének összege a műtrágyázott és az istállótrágyázott parcellán a kísérlet 75 éve alatt azonos volt. MERKER [19] felhívja a figyelmet arra, hogy az istállótrágya és a műtrágya értékelésénél számításba kell venni az istállótrágyázás nagy munkaigényességét és költségességét is.

A termés NPKCa tartalmából látható, hogy az istállótrágyázott rosznövények nitrogéntartalma mintegy 10%-kal nagyobb, mint a műtrágyázott növényeké, míg a foszfor, kálium és kalcium mennyiségében több év átlagában nem mutatkozik eltérés. SCHMALFUSS [24, 25, 26, 27] az istállótrágyázott növények nagyobb nitrogéntartalmát az istállótrágyában levő különleges nitrogénforma szerepével magyarázza. Míg az ásványi nitrogént a növény gyorsan felveszi és felhasználja, addig a szervesanyag állandó nitrogénforrása

a növény táplálkozásának és még a szemképzés idején is szolgáltató nitrogént, melynek hatása hasonló a SELKE [29] féle késői nitrogén fejtrágya hatásához. (Véleményem szerint a növények nagyobb nitrogéntartalma az istállótrágyázott parcellákon a trágyában levő nagyobb nitrogénmennyiséggel is magyarázható.)

A termés szalma : szem arányát vizsgálva MERKER úgy találta, hogy az annál szűkebb, minél több nitrogén van jelen a PK-hoz viszonyítva. Az istállótrágyázott növények szalma : szem aránya szűkebb volt, mint a műtrágyázott növényeké. Az ezerszemsúlyban az istállótrágyázott és a műtrágyázott növények között nem volt egyértelmű különbség.

A kísérlet talaja a 75 éves trágyázás hatására bizonyos tulajdonságaiban változott. A vízkapacitás, higroszkóposági értékek változása MERKER [19] szerint az alkalmazott módszerek hibahatárain belül esik és így megbízhatóan nem mutatható ki. Érdekes képet mutatnak azonban a talaj humusztartalmára vonatkozó vizsgálatok. A 11. táblázatban a 75 évig különbözőképpen trágyázott parcellák talajának széntartalmát látjuk.

A táblázatból látható, hogy az istállótrágyázott parcellák talajában a szervesanyag csak bizonyos ideig gyarapodott, utána egyensúlyi helyzet következett be s a továbbiakban a szervesanyag felhalmozódása már csak egészen csekély mértékben folytatódott. SCHMALFUSS közlése szerint az istállótrágyázott parcellára 75 év

11. táblázat

„Ewiger Roggenbau”, Halle
A talaj széntartalma %

Trágyázás	1878	1929	1949	1953
Istállótrágya	1,24	1,64	1,66	1,68
NPK	1,24	1,24	1,22	1,26
Ø	1,24	1,15	1,12	1,12

alatt bekerült összes szénnek csupán 11,7%-a, az utóbbi 25 évben pedig csak 3,2%-a maradt meg a talajban, a többi mind elbomlott. Ugyanakkor a műtrágyázott parcellán a szén mennyisége változatlan maradt a kísérlet kezdetétől fogva. A trágyázatlan parcellán a széntartalom egy ideig csökkent, majd itt is egyensúly állt be a szervesanyag csökkenése megállt. Megállapítható, hogy a vizsgálatokból levonható következtetések egyeznek KÖHNLEIN nézetével, mely szerint minden „ásványi” talajnak bizonyos klimatikus és gazdasági körülmények között meghatározott humuszszintje van, mely csak bizonyos határok között mozoghat. Ennek az egyensúlynak a kialakításában a klímán és a talaj agyagtartalmán kívül a tarló- és gyökérmaradványok is fontos szerepet játszanak.

A talaj nitrogéntartalmát első ízben 1929-ben vizsgálták. Jelenleg ez az istállótrágyázott parcellán a legnagyobb. A C/N arány az összes parcellán 13 : 1 körüli érték, állandónak látszik. A nitrogén változása tehát párhuzamosnak tűnik a szén változásával.

A pH értékek az istállótrágyázott és a műtrágyázott területen nem mutattak lényeges eltérést, ugyanúgy a Neubauer K_2O sem. Az istállótrágyázott parcellán a hidrolitos savanyúság a legkisebb, a T, S, illetve V értékek pedig a legnagyobbak voltak.

A mikrobiológiai vizsgálatok azt mutatták, hogy a csiraszám, a talajlégzés (CO_2 termelés) az istállótrágyázott parcella talajában nagyobb volt, mint a műtrágyázottban. Tenyészedényben végzett érlelési kísérletben a nitrifikálóképesség mindkét talajban azonos volt. A kísérleti parcellák talajával végzett tenyészedény kísérletből az tűnt ki, hogy a termés mennyisége nem a talaj szervesanyagtartalmá-

tól, hanem a benne felhalmozódott tápanyagok mennyiségétől függ (12. táblázat).

12. táblázat

„Ewiger Roggenbau”, Halle
A talaj termőképessége a trágyázatlan parcella talajához viszonyítva (75 évi kísérlet után vett mintákkal végzett tenyészedény kísérletben)

Parcella talaja	Relatív termés	
	NPK trágyázással	N trágyázással
Istállótrágya ..	112	165
NPK	107	172
Ø	100	100

MERKER számításokat végzett a kísérlet nitrogén mérlegére és tápanyag-hasznosítására vonatkozólag (13. táblázat).

MERKER [19] számítása a talaj eredeti nitrogénkészletét nem veszi figyelembe. Ezért a tápanyaghasznosítást kiszámítottam a klasszikus módszer szerint is, melynek szintén vannak hibái, de véleményem szerint a trágyák tápanyaghasznosulását mégis jobban megközelíti.

A klasszikus módszerrel számolva a tápanyaghasznosítás a következőképpen alakult:

MERKER szerint a tápanyaghasznosítás mértéke erősen függ az adott tápanyagok mennyiségétől: minél több tápanyagot adunk, ez annál kisebb lesz. MERKER megállapítását feltétlenül ki kell egészítenünk azzal, hogy a tápanyaghasznosulás mértéke nemcsak az adott tápanyagok mennyiségétől, hanem az egyes tápanyagok arányától is igen nagymértékben függ. Ugyanis, — amint ez a kezelések ismertetéséből kitűnik — az istállótrágyában 75

13. táblázat

„Ewiger Roggenbau”, Halle

A kísérleti parcellák terméséből számított tápanyaghasznosulás

	N		P_2O_5		K_2O	
	Ist. trágyában	Mű-trágyában	Ist. trágyában	Mű-trágyában	Ist. trágyában	Mű-trágyában
Adott tápanyag trágyában, vetőmagban, csapadékban évente, kg/ha ..	92,6	67,6	47,4	58,4	86,3	101,3
A termésrel kivont tápanyag évente, kg/ha ..	56,4	54,0	29,5	29,0	72,6	73,2
Tápanyagkihasználás, % ..	60,9	79,9	62,2	49,7	84,1	72,3

14. táblázat

„Ewiger Roggenbau”, Halle
A trágyákkal a talajba adott és a terméssel a talajból kivont
tápanyagok mennyiségének mérlege, évi átlag kg/ha

	N		P ₂ O ₅		K ₂ O	
	Ist. trágya	Műtrágya	Ist. trágya	Műtrágya	Ist. trágya	Műtrágya
Talajba adott tápanyag mennyisége	65	40	45	56	75	90
Terméssel kivont táp- anyag mennyisége	56,4	54,0	29,5	29,0	72,6	73,2
Kivont tápanyag-kontroll tápanyag	28,0	25,6	14,4	13,9	4,69	47,5
Adott tápanyag haszno- sulási %-a	43,2	64,0	32,0	24,8	62,5	52,7

éven keresztül évenként 65—70 kg/ha nitrogént adtak, míg a műtrágyában évi 40 kg/ha-ot. Ugyanakkor 20%-kal több foszfort és káliumot kapott a műtrágyázott parcella, mint az istállótrágyázott. A műtrágyázott parcella tehát a NPK tápanyagokat — véleményem szerint — sokkal rosszabb arányban kapta, mint az istállótrágyázott parcella. Az NPK parcella nitrogénhiányára mutat, hogy a tenyészedény kísérletben a nitrogéntrágyázásra csaknem olyan mértékben reagált (172%), mint a PK parcella talaja (178%), mely nitrogén trágyát egyáltalán nem kapott. Erre mutat az a jelenség is, hogy a NPK parcella termésének N tartalma mindig kisebb volt, mint az istállótrágyázotté. Ugyanesak erre utal a termés szem : szalma aránya. MERKER megállapítása szerint a szalma : szem arány annál tágabb, minél több N van jelen a PK-hoz viszonyítva. A NPK parcella termésének szalma : szem aránya a PK parcella termésé után a legtágabb. A termés csökkenésének okát az istállótrágyázott parcella terméséhez, valamint az első kísérleti évtizedek eredményeihez viszonyítva, kereshetjük tehát a nitrogénhiányban is.

Halle-Lauchstädt-i tartamkísérletek

[1, 2, 6, 18, 23, 29].

A kísérleteket 1902-ben állította be SCHNEIDEWIND és GRÖBLER. Céljuk a szerves- és ásványi trágyák hatásának vizsgálata a termésre, a termés minőségére és a talaj tulajdonságaira.

A kísérleti hely *meteorológiai viszonyai* Hallehoz hasonlóak; a csapadék valamivel kevesebb, a hőmérséklet valamivel hűvösebb annál. A kísérleti terület tengerszint feletti magassága 110 m. Az évi középhőmérséklet 8,6 fok, tehát a miénknél hűvösebb és kiegyenlítettebb is. Az évi csapadék mennyisége 60 éves átlagban 480 mm, 300—650 mm között ingadozik. Bár a csapadék mennyisége évi átlagban nem több, mint hazánkban, de a csapadék eloszlása sokkal egyenletesebb és kedvezőbb.

A kísérleti terület Németország legjobb talajaihoz tartozik, löszön kialakult, mélyrétegű homokos vályogtalaj, ANSORGE szerint típusos csernozjom. pH-ja 6,8 körüli, szénsavas mésztartalma 0,4%, az altalaj erősen meszes. Széntartalma 1,7%, összes N 0,160%, összes P₂O₅ 0,080%, összes K O 0,370%.

15. táblázat

Halle-Lauchstädt-i tartamkísérletek
Évi műtrágyaadag hatóanyagban kg/ha

	Istállótrágya nélkül			Istállótrágya alapon		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Cukorrépa	120	100	200	90	100	120
Burgonya	60	120	120	40	100	120
Őszi búza	60	50	80	30	50	80
Tavaszi árpa	40	50	80	20	50	80

16. táblázat

Halle-Lauchstädt-i tartamkísérletek
Terméseredmények q/ha
(a cukorrépa és a burgonya 1922—51., az őszi búza és a tavaszi árpa 1903—51. évek átlagában).

	Cukorrépa			Burgonya sz. a.	Őszi búza		Tavaszi árpa	
	gyökér	levél	összesen		szem	szalma	szem	szalma
	szárazanyag				14% nedv. tart.			
Ø	50,2	20,9	71,1	17,0	24,8	40,0	16,2	18,1
200 ist. tr.	93,3	35,2	128,5	38,1	34,7	57,2	24,5	27,8
300 ist. tr.	—	—	—	—	37,3	65,1	28,2	31,9
NPK	105,9	46,1	152,0	60,5	38,5	63,0	30,8	35,8
NPK + 200 ist. tr.	114,6	50,1	164,7	63,0	40,1	67,1	32,8	38,4
NPK + 300 ist. tr.	—	—	—	—	40,8	74,2	35,3	43,3

A kísérlet 18 hosszan elnyúló 500 m²-es főparcellából áll, amelyek a következő trágyázást kapják:

Istállótrágya nélkül

NPK, NP, NK, N, PK, O

200 q istállótrágya

NPK, NP, NK, N, PK, O

300 q istállótrágya

NPK, NP, NK, N, PK, O

A kísérletben több egyéb kérdést is vizsgálnak, így a főparcellákra keresztben elhelyezve a meszesítés hatását, az ammon-szulfút, kalciumnitrát és nátriumnitrát, mint nitrogénforrás összehasonlítását, valamint az eredeti pillangós nélküli vetés-forgót kibővítették pillangós forgóval is. Az összes parcella száma 144.

A következőkben csak azokat a kezeléseket ismertetem, amelyekben az istállótrágya és a műtrágya hatása összehasonlítható.

A kísérlet vetésforgóban folyik. A forgó növényei: cukorrépa, tavaszi árpa, burgonya, őszi búza. A kísérleti növények fajtai a vetésforgó folyamán gyakran változtak. A termések nagy ingadozásának ez is egyik oka.

A nitrogénműtrágya adagok a kísérlet folyamán néhányszor változtak. A jelenlegi trágyázási terv a 15. táblázatban látható.

A forgóban a nitrogént a cukorrépa alá nátronsalétrom, valamint a gabonák alá kénsavas-ammonia alakjában adták. A 200, illetve 300 q/ha istállótrágyát a cukorrépa és a burgonya kapta, az őszi búza és a tavaszi árpa nem kapott istállótrágyát.

Sajnos, a rendelkezésre álló közlemények adataiból pontosan nem számítható ki az a tápanyagmennyiség, amelyet a kísérlet egész folyamata alatt kaptak az egyes parcellák.

A termések nagysága, a trágyázott parcellákon egyik növényenél sem mutat csökkenő tendenciát 1903 óta, sőt a nagyadagú tápanyagot kapott parcellák (istállótrágya + műtrágya) cukorrépa termése inkább növekedett. Ennek egyik okát a nagyobb termőképességű fajták termelésé-

17. táblázat

Halle-Lauchstädt-i tartamkísérletek
A talaj összes széntartalmának változása (Springer módszerrel vizsgálva)

Év	Σ	NPK	200 q ist. trágya	200 q ist. tr. + NPK	300 q ist. trágya	300 q ist. tr. + NPK
1930.	1,65	1,68	1,71	1,98	1,93	2,12
1954.	1,59	1,79	1,95	2,06	2,07	2,20
1956.	1,58	1,76	2,07	2,08	2,06	2,18

ben kell keresni. A trágyázatlan parcellák termése minden növénynél kisebb-nagyobb mértékben csökkent, a burgonyánál és a tavaszi árpánál mintegy felére, tehát nagyobb mértékben, mint a cukorrépánál és az őszi búzánál.

A kísérlet terméseredményeiből az látható, hogy a termések mind a négy növény-nél az NPK hatására voltak nagyobbak. A NPK műtrágya mellett az istállótrágyá-nak már csak igen kis hatása volt, sőt az utóbbi években pl. a burgonyánál semmi.

A kísérleti parcellák talajvizsgálatát a kísérlet indulásakor nem végezték el, csak a kísérleti terület átlagos jellemzői ismeretese, melyeket SCHNEIDEWIND határo-
zott meg. 1930-ból és az 1942—45. évek-ből maradtak talajvizsgálati adatok, ezek szolgálnak összehasonlítással ANSORGE [1] 1956-ban végzett vizsgálataival.

Ezek szerint a pH érték lényegesen nem változott, sem az istállótrágya, sem a műtrágya hatására. ANSORGE számításai szerint az Egner—Riehm módszerrel meg-határozott foszfor és kálium értékek min-den esetben jól egyeznek a trágyákkal adott és a terméssel kivont tápanyagok mennyi-ségének különbségével.

A széntartalom, feltételezve a kiindu-lási parcellák azonos széntartalmát, az adott trágyamennyiség nagyságával növe-
kedett, a kontroll parcellán csökkent.

A lauchstädti kísérletekből az látszik, hogy helyes trágyázással a talaj termé-kenysége fenntartható, sőt még fokozható is. Az istállótrágyázás gazdagította a talajt humuszban és növényi tápanyagokban. A kizárólag műtrágyázott parcellákon sem csökkent a termés és a talaj tápanyagel-látottsága sem a kísérlet kezdetéhez visz-o-nyítva, sem az istállótrágyázott parcellák-hoz képest a lauchstädti csernozjom tala-jon még akkor sem, ha 50 évig nem kapott szerves-trágyát. Az istállótrágyázott par-cellák nagyobb humusztartalma mind-
edig semmiben nem befolyásolta a ter-méseket.

Thyrow-i tartamkísérletek [13, 32]

Tápanyag-hiánykísérlet

A kísérletet 1937-ben állította be Opitz.

A kísérleti terület talaja homok, pH 4,2—4,4, hydr. aciditás 13—14,8, kicserél-
hető savanyúság 3,8—4,5, humusz 0,4—
0,5%. A talajvíz 20 m-nél mélyebben van. Tengerszint feletti magassága 40 m. Jelleg-
zetes burgonya-rozs talaj.

Éghajlata kontinentális. Az évi csapa-dék mennyisége 525 mm, az évi közép-hőmérséklet 8,3 fok C. Május—június hó-
napokban gyakori a szárazság.

A kísérlet kezelése a következők:

1. Trágyázatlan
2. Szerves-trágya
3. Szerves-trágya + NPKCa
4. NPKCa
5. NPK
6. NPKa
7. NKCa
8. PKCa

A kísérlet latin négyzetben, 8 ismétlés-ben, 72 m²-es parcellákon folyik burgonya
és tavaszi árpa növényvel.

A trágyaadagok a következők:

2. A burgonya alá másodévenként
300 q/ha istállótrágya,
4. A burgonya alá jelenleg 1 ha-ra
90 kg N, 60 kg P₂O₅ és 100 kg K₂O me-
szesze, a tavaszi árpa alá jelenleg 1 ha-ra
60 kg N, 60 kg P₂O₅ és 80 kg K₂O meszeze,
3. Ugyanazt kapja, mint a 2. és 4.
kezelés összesen.

A N-t mézszammonsalétrom, a foszfort
szuperfoszfát, a káliumot kénsavas kálium
és a meszet kalciumkarbonát alakjában
adták, minden trágyát alaptrágyaként,
a N trágyát is.

A kísérlet eddigi 20 éve alatt a követ-
kező trágya-, ill. tápanyagmennyiségeket
kapták a kezelések:

Kezelések	Ist. trágya q/ha	N	P	K	Ca
			kg/ha		
1.	—	—	—	—	—
2.	3000	(1500)	(1200)	(1800)	—
3.	3000	1590	1200	2540	12 400
4.	—	1590	1200	2540	12 400

18. táblázat

Thyrow-i tápanyaghiány kísérlet Terméseredmények 1937—57. évek átlagában, q/ha

Kezelés	Burgonya gumó		Tavaszi árpa		
	q/ha	%	szem		szem + szalma %
			q/ha	%	
Ø	72,9	28,1	2,3	9,5	11,1
Istállótrágya	204,1	72,4	10,8	44,7	41,4
Ist. tr. + NPKCa	313,9	111,3	25,4	105,8	109,1
NPKCa	282,0	100,0	24,0	100,0	100,0

19. táblázat

Thyrow-i tápanyaghiány kísérlet
A burgonya és a tavaszi árpa termése a kísérlet 21. évében

Kezelés	Burgonya gumótermés + 1957.		Tavaszi árpa szemtermés + 1958.	
	q/ha	%	q/ha	%
Ø	55,9	19,8	0,8	2
Istállótrágya	269,9	95,9	13,9	40
Szervestrágya + + NPKCa	361,1	128,0	34,5	99
NPKCa	281,5	100,0	34,8	100

A 2. kezelésnél zárójelben az istállótrágyában levő tápanyagok mennyiségét tüntettem fel.

A kísérlet terméseredményei közül csak azokat közlöm, amelyekből az istállótrágya és a műtrágya hatása összehasonlítható (18. táblázat).

Mint a terméseredményekből látható, 20 év alatt a csaknem azonos hatóanyag-tartalmú műtrágya az istállótrágyánál burgonyából 28%-kal, árpából pedig 55%-kal több termést adott.

A 20 évig tartó különböző trágyázás hatására a talajban a következő változások mentek végbe:

A trágyázatlan parcellán a pH változatlan maradt, az istállótrágya hatására 5,3-ra, a mész hatására 6,2-re, az istállótrágya + mész hatására 6,5-re emelkedett. A könnyen oldható foszfor és kálium értékekben az istállótrágya és a műtrágya hatása között nem lehetett szignifikáns különbségeket kimutatni. A Mg tartalmat a szervesanyag növelte. A széntartalom a talaj felső 25 cm-es rétegében a következőképpen alakult:

Trágyázatlan	325 mg %
Istállótrágya	512 mg %

Ist. tr. + NPKCa	622 mg %
NPKCa	360 mg %

A talaj T értékét (Mehlich szerint) az istállótrágya nagyobb mértékben növelte, mint a műtrágya.

A talajban létrejött változások ellenére a termések a kísérlet 21. évében a 19. táblázatban látható módon alakultak. Mint látható, az istállótrágya burgonyából 4%-kal, tavaszi árpából 60%-kal adott kevesebb termést, mint a műtrágya.

Trágyaadag-kísérlet

Ez a kísérlet is 1937. óta folyik a Thyrow-i kísérleti telepen. A kísérlet kezelései a következők:

1. Istállótrágya
2. Istállótrágya és kisadagú műtrágya
3. Istállótrágya és nagyadagú műtrágya
4. Nagyadagú műtrágya.

Az istállótrágya adagja: 550 q, a kisadagú műtrágya mennyisége 220 kg N, 90 kg P₂O₅ és 160 kg K₂O, a nagyadagú műtrágya mennyisége 335 kg N, 204 kg P₂O₅ és 580 kg K₂O 1 ha-ra a vetésforgó

20. táblázat

Thyrow-i trágyaadag kísérlet
Terméseredmények 1937—1958. évek átlagában q/ha/év

Kísérleti növény	Istállótrágya		Istállótrágya + kis adagú műtrágya		Istállótrágya + nagy adagú műtrágya		Műtrágya	
	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%	q/ha	%
Burgonya (kései) ..	240,4	71	308,5	92	336,0	100	263,4	78
Burgonya (közép) .	187,0	72	233,7	90	259,9	100	207,3	80
Zab	17,9	63	25,9	92	28,2	100	25,0	89
Rozs	18,5	57	27,6	85	32,3	100	29,8	92
Őszi búza	12,2	45	21,7	80	27,2	100	23,6	87
Csillagfűrt	15,9	104	14,9	97	15,2	100	15,6	103
Len	14,4	93	16,6	107	15,5	100	13,4	86

21. táblázat

Komposzt-kísérlet I. Rostock
Az adott trágyák mennyisége évenként

Időszak	Műtrágya mennyiség				Szervestrágya mennyiség		
	N	kieg. N	P ₂ O ₅	K ₂ O	K. I.	K. II.	Istállótrágya
	kg/ha				q/ha		
1937—47.	45,4	19,0	47,1	95,9	78,4	79,7	114,7
1948—58.	50,0	19,1	51,3	90,1	70,1	70,8	77,5
1937—58.	47,7	19,1	49,2	93,4	74,3	75,3	96,1

folyamán. Az 1. és 4. kezelésben kb. egyenlő mennyiségű N-t és K₂O-t adtak.

A vetésforgó növényei: rozs, len, őszi búza, burgonya, zab, burgonya, csillagfűrt. A terméseredményekből (20. táblázat) az látható, hogy a műtrágya a vetésforgó 5 növényénél nagyobb mértékben növelte a termést, mint az azonos N és K tartalmú istállótrágya. Csillagfűrtnél a termés egyenlő volt az istállótrágya és a műtrágya hatására és csak egyedül a lennél mutatkozott az istállótrágyának valamivel jobb hatása, mint a műtrágyának.

Rostock-i komposzt kísérletek [20, 28]

A kísérletek 1937., ill. 1938. óta tartanak.

A kísérlet talaja könnyű homoktalaj, a kiindulási talaj pH-ja 7, KCl-ban, oldható P₂O₅ Neubauer szerint 20,7, oldható K₂O Neubauer szerint 7,7. Az évi átlagos csapadék mennyisége 600 mm. A kísérleti területen tápanyagkimosódás veszélye fennáll.

A kísérlet célja különböző tözegkomposztok összehasonlítása az istállótrágya és a műtrágyák hatásával.

Komposzt-kísérlet I.

A kísérlet kezelése a következők:

1. PN
2. KN

3. KP

4. NPK

5. NPK + N

6. Komposzt I. (Szuperfoszfáttal komposztálva)

7. Komposzt I + N

8. Kiomposzt II. (Thomassalakkal komposztálva)

9. Komposzt II + N

10. Istállótrágya

11. Istállótrágya + N

A komposztot és az istállótrágyát minden második évben adják. A közbeeső években azonos mennyiségű műtrágyát kap minden kezelés.

A szervestrágyában és az ásványi trágyában egyenlő mennyiségű nitrogént adnak (leszámítva a komposzt és istállótrágya nitrogénveszteségét a kihordáskor). A műtrágya foszfor és kálium mennyisége egyenlő Komposzt I.-ben levő foszfor és kálium mennyiségével. Az adott tápanyagok mennyisége a 21. táblázatban látható.

A N-t ammóniumsulfát és mész-ammonsalétrom, a foszfort szuperfoszfát, a káliumot pedig 40%-os kalisó alakjában adják.

A kísérleti növények a következők voltak: kukorica, rozs, burgonya, mák, répa, len, csillagfűrt. A parcellák nagysága 20 m², a kísérlet 5 ismétléses. A kísérlet terméseredményei 22. táblázatban láthatók.

22. táblázat

Komposzt-kísérlet I. Rostock
Relatív terméseredmények

Kezelés	1937—47.	1947—58.	1937—58.
NPK	100	100	100
Komposzt I.	115	105	110
Komposzt II.	109	97	103
Istállótrágya	103	103	103

23. táblázat

Komposztkísérletek. Rostock
A kísérlet relatív terméseredményei, NPK = 100

Kezelés	1938—48.	1949—58.	1938—58.
Trágyázatlan	64	62	63
NPK	100	100	100
$\frac{1}{2}$ ist. tr. + $\frac{1}{2}$ NPK	104	96	100
Istállótrágya	99	98	98
$\frac{1}{2}$ komposzt + $\frac{1}{2}$ NPK	107	98	103
Komposzt	104	92	98

Komposztkísérlet II. Rostock

A kísérlet kezelése a következők:

1. trágyázatlan
2. NPK
3. $\frac{1}{2}$ NPK + $\frac{1}{2}$ ist. trágya
4. istállótrágya
5. $\frac{1}{2}$ NPK + $\frac{1}{2}$ komposzt
6. komposzt (szuperfoszfáttal)

A trágyázás ugyanúgy történt, mint az I. komposztkísérletben. A parcellák nagysága 27 m².

A kísérleti növények a következők voltak: burgonya, rozs, árpa, búza, mák, kukorica, répa, bab.

A kísérlet során adott évenkénti trágyaadagok:

Időszak	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Komposzt	Ist.trágya
1938—47.	66,0	63,1	83,6	118,2	200,0
1948—58.	63,6	55,5	113,1	140,2	154,6

A kísérlet terméseredményeit a 23. táblázat mutatja:

Mint a terméseredményekből látható, az istállótrágya és az NPK, valamint a fél-adagú istállótrágya hatás a termésre csaknem azonos volt. Az I. komposztkísérletben a szuperfoszfátos komposzt a műtrá-

gyánál 10%-kal nagyobb termést adott 20 év átlagában.

Dikopshof-i tartamkísérlet [18, 20]

A kísérletet 1904-ben állították be. A kísérlet talaja könnyű vályogos barnaföld (Braunerde). A kísérlet kezelése a következők: NPKCa, PKCa, NKCa, NPCa és trágyázatlan, mindezek istállótrágyával és istállótrágya nélkül.

A vetésforgó növényei: répa, búza, rozs, here, zab voltak.

A parcellák mérete 500 m², az ismétlések száma 2.

A kísérletet 1921-ben gyökeresen megváltoztatták, az istállótrágya nélküli kezelése megszűntek. Így az istállótrágya és a műtrágya hatása csak a kísérlet első időszakának eredményeiből hasonlítható össze.

Az adott trágyaadagok 1904—1921. években a következők voltak: Az istállótrágyás kezelése a vetésforgó egy rotációja folyamán kétszer hektáronként 12 to istállótrágyát, a műtrágyás kezelése pedig 27 kg N-t, 42 kg P₂O₅-ot, 56 kg K₂O-t és 800 kg CaCO₃-ot kaptak.

A kísérlet terméseredményeit az alábbi táblázat mutatja:

Az istállótrágya és a műtrágya hatásának összehasonlítása a fenti terméseredményekből igen nehéz, mert különböző

24. táblázat

Tartamkísérlet, Dikopshof
Az 1906—1917. évek átlagos terméseredményei, q/ha

Kezelés	cukorrépa	búza	rozs	here	zab
Trágyázatlan	265,6	14,0	20,8	55,9	21,8
Istállótrágya	356,0	24,9	27,8	76,4	27,1
Ist. tr. + NPKCa .	415,0	33,6	32,3	89,3	35,2
NPKCa	380,0	27,7	26,8	75,6	32,0

tápanyagmennyiségeket adtak a kétféle trágyában, mégpedig az istállótrágyában mintegy 25%-kal több N-t, ugyanannyi foszfort és kb. 25%-kal kevesebb káliumot,

mint a műtrágyában. A csak istállótrágya és csak műtrágya hatásában ennek ellenére a kísérleti növények átlagában nem mutatkozott számottevő különbség.

III. Dániai tartamkísérletek

Askov [6, 10, 11, 12, 14, 18]

Askovban 1894-ben állították be a legrégibb dán tartamkísérletet, mégpedig egy vályog-, és egy homoktalajon. A következő években, illetve évtizedekben Dánia más-más kísérleti állomásai is indítottak az előbbiekhöz hasonló jellegű és célú tartamkísérleteket (Lyngby, Aarslev, Lundgaard, Tylstrup).

Ezek a kísérletek a mi földrajzi és éghajlati viszonyainktól sokban eltérő körülmények között folynak. A kísérleti helyek éghajlata maritim, a csapadék mennyisége évi 600—730 mm, eloszlása a mienknél sokkal egyenletesebb és kedvezőbb. A hőmérséklet is kiegyenlítettebb. IVERSEN szerint [10, 11] a tápanyag-kimosódás veszélye nagyobb mértékű, a szervesanyag elbomlása az állandó nedvesség és az alacsonyabb hőmérséklet miatt lassabban megy végbe, mint a mi talajainkban.

Az Askovban 1894-ben beállított és még ma is folyó kísérlet kezelései a következők:

Vályogtalajon: trágyázatlan, N, P, K, NP, NK, PK, $\frac{1}{2}$ NPK, 1 NPK, 1,5 NPK, $\frac{1}{2}$ istállótrágya, 1 istállótrágya, 1,5 istállótrágya.

Homoktalajon: trágyázatlan, N, P, K, NP, PK, $\frac{1}{2}$ NPK, 1 NPK, 1 istállótrágya, istállótrágya + $\frac{1}{2}$ N, istállótrágya + $\frac{1}{2}$ P, istállótrágya + $\frac{1}{2}$ K, istállótrágya + PK.

Az istállótrágya és a műtrágya hatásának összehasonlítására a fenti kezelések közül a következők alkalmasak:

<i>Vályogtalajon :</i>	<i>Homoktalajon :</i>
1. trágyázatlan	1. trágyázatlan
2. $\frac{1}{2}$ műtrágya	2. $\frac{1}{2}$ műtrágya
3. 1 műtrágya	3. 1 műtrágya
4. 1,5 műtrágya	4. 1 műtrágya
5. $\frac{1}{2}$ istállótrágya	
6. 1 istállótrágya	
7. 1,5 istállótrágya	

Askovban a kísérlet négyéves vetésforgóban folyik „kiterítve”, vagyis minden évben, minden növény vetésre kerül. A növények a következők: őszi kalászos, kapás (répa vagy burgonya), tavaszi kalászos és pillangós fűkeverék. A többi kísérleti helyen is hasonló jellegű forgókkal találkozunk. A fent kiemelt kezelések összehasonlíthatóságát a hatóanyag-azonosság elve biztosítja, vagyis ugyanannyi összes NPK-t adnak a vetésforgóban műtrágya alakjában, mint amennyit az istállótrágya tartalmaz. Az évi átlagos istállótrágya adag 1894—1922-ig 90 q/ha volt, 1923-tól az istállótrágyához még 40 q trágyalevet is adtak. A kísérlet folyamán adott istállótrágya, illetve műtrágya a következő tápanyagokat tartalmazta: hatóanyag kg/ha/év:

Évek	Istállótrágyában			Műtrágyában		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
1894—1906. ...	40,5	28,8	35,1	38,8	28,4	33,0
1907—1922. ...	42,3	28,8	39,6	41,4	30,4	38,4
1923—1948. ...	71,8	36,5	78,3	69,0	39,0	84,1

A vetésforgóban az istállótrágya három-negyed részét a kapások alá adták, egy-negyed részét a tavaszi kalászos (zab) kapta. A műtrágyát eleinte minden növény alá egyenletesen osztották el, később a kapásoknak viszonylag több nitrogént adtak, mint a fűvesherének. A műtrágyát nitrátok, szuperfoszfát és kainit alakjában adták.

A kísérleti parcellák mérete 55—110

m², az ismételések száma a kísérletekben 2—4.

A dániai tartamkísérletek eredményeit a 25. táblázatban foglaltam össze.

Mint az adatokból látható, Askovban és a többi dán kísérleti állomáson is, az azonos hatóanyag-tartalmú műtrágya közvetlen és tekintélyesen nagyobb termést adott, mint az istállótrágya. Mindezekből az eredményekből IVERSEN

25. táblázat

**A dániai tartamkísérletek terméseredményei
tak. egység q/ha**

Hely	Év	Kezelés			
		Ø	½ műtrágya	1 műtrágya	1 ist. trágya
Askov vályog	1894—1906.	20,2	—	35,5	32,7
Askov vályog	1907—1922.	14,0	—	35,6	29,0
Askov vályog	1923—1948.	13,8	34,9	46,9	37,9
Askov homok	1894—1906.	14,2	—	31,2	27,0
Askov homok	1907—1922.	10,5	—	31,5	28,0
Askov homok	1923—1948.	11,4	34,0	43,4	38,5
L yngby vályog	1910—1921.	21,8	35,4	41,8	34,1
L yngby vályog	1922—1933.	21,6	41,3	47,2	43,1
Aarslev vályog	1911—1926.	22,9	34,1	38,5	34,6
Lundgaard homok	1927—1946.	14,3	28,2	33,6	32,4
Tylstrup homok	1927—1946.	23,0	37,8	43,9	40,8

azt a következtetést vonja le, hogy a műtrágya hatása semmivel sem marad el az istállótrágya hatásától. Ugyanakkor felhívja arra is a figyelmet, hogy az istállótrágya és a műtrágyahatás összehasonlításának vizsgálatánál igen fontos a trágyák elosztása. Ezen kívül az egyes kísérleti növények is más-más eredményt adhatnak. Pl. a burgonya különösen jól reagál az istállótrágyára, amint ez a kísérlet egyes növényeire vonatkozó részletadatokból jól látható. (25. táblázat).

A kísérletek egyes növényeinek termését a 26. és 27. táblázat mutatja. Mint a táblázatból látható, a burgonyánál az istállótrágyázott parcellák termése néhány %-kal nagyobb a műtrágyázott parcelláknál. Mint fentebb már szó volt róla, az istállótrágya háromnegyed részét a kapások kapták, így a burgonya nagyobb ter-

mése ezzel is magyarázható, azon kívül, hogy a burgonya növény különösen jól reagál az istállótrágyára és érzékeny a műtrágyák nagyobb sókoncentrációjára.

Vizsgálták a dániai kísérletek talajának változását is az istállótrágyázás, illetve műtrágyázás hatására. Az askovi kísérleti terület talajának százalékos összes nitrogén és szén tartalma 1942-ben a következő volt:

	Trágya- zatlan	Műtrágya- zott	Istálló- trágyázott
	Nitrogén		
Askov, vályog 1942.	0,106	0,118	0,130
Askov, homok 1942.	0,066	0,076	0,086
	Humusz (Cx2)		
Askov, vályog 1942.	2,60	2,86	3,04
Askov, homok 1942.	1,58	1,92	2,18

26. táblázat

**Askovi tartamkísérlet vályogtalajon
Egyes növények terméseredményei q/ha/év**

	Rozs						Zab					
	műtrágya				istállótrágya		műtrágya				istállótrágya	
	Ø	½	1	1,5	1	1,5	Ø	½	1	1,5	1	1,5
1894—1906.	12,5	—	22,7	—	19,3	—	16,4	—	25,7	—	22,6	—
1907—1922.	11,1	—	23,4	—	18,2	—	11,3	—	23,7	—	21,3	—
1923—1930.	12,6	22,6	28,6	32,0	19,8	21,3	13,9	25,1	32,5	36,4	27,6	31,0
1931—1948.	12,6	24,8	32,9	35,8	20,7	22,7	13,5	27,7	35,9	39,4	27,8	32,5
	Takarmányrépa (szárazanyag)						Fűveshere keverék (széna)					
1894—1906.	28,2	—	61,5	—	59,8	—	48,0	—	62,0	—	58,9	—
1907—1922.	16,8	—	65,2	—	51,2	—	30,7	—	57,0	—	49,2	—
1923—1948.	12,3	59,7	87,2	95,3	72,1	90,7	30,0	54,5	61,3	60,0	66,4	73,1

27. táblázat

Az askovi tartamkísérlet homoktalajon
Egyes növények terméseredményei q/ha/év

	Rozs				Zab				Burgonya (szárazanyag)			
	Ø	műtrágya		ist.tr.	Ø	műtrágya		ist.tr.	Ø	műtrágya		ist.tr.
		½	1			½	1			½	1	
1894-1906.	9,7	—	21,8	14,3	8,9	—	19,0	14,5	27,5	—	54,8	56,9
1907-1922.	7,9	—	20,8	13,2	7,2	—	20,1	15,6	18,6	—	54,7	61,4
1923-1948.	8,4	21,4	27,6	16,3	8,1	21,9	28,7	21,9	18,7	66,9	88,2	90,5

	Korórépa				Fűveshere			
	Ø	műtrágya		ist. tr.	—	műtrágya		ist. tr.
		½	1			½	1	
1894-1906.	—	—	—	—	17,0	—	50,9	44,6
1907-1922.	—	—	—	—	13,7	—	53,2	46,1
1923-1948.	25,1	65,5	74,0	77,3	13,6	51,4	58,4	62,8

A műtrágyázott parcellákon a nagyobb termések nagyobb tarló- és gyökérmaradványai növelték a szervesanyag mennyiségét a trágyázatlan parcellákéhoz képest. A tarló- és gyökérmaradványokhoz járult még az istállótrágyázott parcellákon az istállótrágya szervesanyag tartalma is.

A talaj kémhatása a trágyázás hatására lényegesen nem változott. Az oldható foszfor (Bondorff sz.) és kálium (Damsgaard Sorensen sz.) a műtrágyázott parcellákon nagyobb volt, mint az istállótrágyázottakon.

A mikrobiológiai vizsgálatok Jensen szerint az istállótrágyázott parcellákon nagyobb baktérium- és csiraszámot, erősebb szénsavtermelést, tehát nagyobb biológiai aktivitást mutattak. IVERSEN szerint ezek a mikrobiológiai különbségek nem lényegesek és nem állanak összhangban a terméseredményekben mutatkozó különbségekkel.

A talaj humusztartalma tehát az istállótrágyázott parcellákon nagyobb, mint a műtrágyázottakon. IVERSEN véleménye szerint azonban a talaj humusztartalmának nagyságát főképpen a klimatikus tényezők határozzák meg. Minél melegebb az éghajlat, annál gyorsabb a szervesanyag elbomlása a talajban, így — egyébként azonos viszonyok között — annál kisebb a talaj humusztartalma. Északról dél felé haladva Svédországban 4-5%, Dániában 2-3%, Közép-Európában 2% körül van a talajok humusztartalma, az USA déli államaiban pedig, melyek a Szaharával fekszenek egyenlő szélességi fokon, már csak 1-3%. A különböző technikai el-

járások, trágyázás, a talaj mikrobiológiai aktivitásának növekedése növelik a talaj szervesanyagkészletét, de egyszersmind növelik a szervesanyag elbomlásának gyorsaságát. Így bizonyos humuszegyensúly áll be, melynek szintjét IVERSEN szerint legnagyobb mértékben a klíma határozza meg. A talaj szervesanyagának mennyiségét — mondja IVERSEN [12] — csak nagyobb gyökér- és tarlómaradványokat hagyó növények termesztésével, zöldtrágyázással tudjuk növelni. Annak ellenére, hogy a szervesanyag előnyösen hat a talaj fizikai, kémiai stb. tulajdonságaira, mégis a műtrágya eredményezte a legnagyobb termést. Márpedig IVERSEN véleménye szerint — KLAPP és SCHULTZEVAL ellentétben — a trágyázás célja a nagy termések nem pedig a tartósan termékeny talaj elérése.

A dániai kísérletekből megállapítható, hogy bár az istállótrágyázott parcellákon nagyobb volt az összes nitrogén mennyisége, a humusztartalom, a biológiai aktivitás, a norfolkihoz hasonló vetésforgóban azonos hatóanyagtartalmú műtrágya nagyobb termést adott az istállótrágyánál. A trágyavizsgálat nehézségeihez tartozik, hogy csak a területre kiszórandó istállótrágyát tudjuk megmintázni és megvizsgálni, nem a már alászántottat, így az istállótrágya nitrogénjének egy része elvész. Ezáltal mindenesetre csökkenhet a hatása. Ha a nitrogénvesztés miatt csökken az istállótrágya hatása, ez arra utal, hogy az istállótrágya elsősorban a benne levő tápanyagok — legfőképpen nitrogén — útján növeli a termést. A kísér-

letekből nem látható az, hogy az istállótrágyának a műtrágyával szemben az adott éghajlati és talajviszonyok között a tápanyaghatáson kívül az alkalmazott vetésforgóban bármiféle előnyös hatása

lenne, viszont világosan kitűnik, hogy az adott körülmények között 50 éven keresztül fenntartható, sőt növelhető volt a termések mennyisége istállótrágyázás nélkül is.

IV. A Szovjetunió tartamkísérletei

A Szovjetunió legrégibb tartamkísérletei a poltavai (Ukrajna), Ak-Kavak-i (Közép-Ázsia) és a mironovi (Ukrajna) kísérletek. A poltavai tartamkísérlet 1885 óta tart, a kísérlet célja azonban nem a különféle trágyázások hatásának összehasonlítása, hanem annak vizsgálata, hogy trágyázás nélkül a hosszú ideig tartó szántóföldi művelés hogyan befolyásolja a talaj termékenységet. Ugyancsak témától eltérő tárgyak az Ak-Kavak-i kísérleti állomás kísérletei, így a fenti két kísérletet nem ismertetem. A mironovi kísérletekre a következőkben térek ki.

Mironovi kísérleti állomás tartamkísérlete

Az istállótrágya és a műtrágyák hatása cukorrépa vetésforgóban csernozjom talajon [30]

A kísérletet 1912-ben állították be, könnyű vályogos, gyengén kilúgozott csernozjom talajon. A talaj humusztartalma 4,7–5,5%, összes N 0,28%, P_2O_5 0,14%, K_2O 2,15%. Szénsavas més 55–80 cm-re a felszíntől található. A kísérleti hely évi középhőmérséklete 7,3 fok, az évi csapadék átlagos mennyisége 461 mm.

Az istállótrágya és a műtrágyák hatásának összehasonlítására alkalmas kezelek a következők:

1. \emptyset
2. Szokásos istállótrágya.
3. NPK = a szokásos istállótrágya hatóanyagtartalmával.
4. Nagyadagú istállótrágya.
5. Nagyadagú NPK = a nagyadagú istállótrágya hatóanyagtartalmával.
6. Szokásos istállótrágya + szokásos NPK (hatóanyag = nagyadagú istállótrágya, ill. NPK).

Az istállótrágya és a műtrágyák pontos adagjainak megállapítása nehézségbe ütközik a trágyaadagok gyakori változtatása, valamint a rendelkezésemre álló irodalmi adatok hiányossága miatt. A kezelések összehasonlíthatóságát azonban a hatóanyagazonosság biztosítja.

A fenti kezeléseket három vetésforgóban hasonlították össze, az elsőben 20%, a másodikban 28%, a harmadikban 40% cukorrépa volt. A trágyaadagok forgónként változtak. Az egyes növények terméseredményeit a vetésforgók átlagában adom meg.

A fenti adatokból az istállótrágya és a műtrágya hatásában különbséget kimutatni, sem a kettő együttesének fokozottabb hatására következtetni nem lehet.

Dolgoprud, NIUIF agrokémiai kísérleti állomása

Az istállótrágya és a műtrágyák tartamhatása a talaj termékenységre nehéz vályogos gyepes podzoltalajon [16]

A kísérletet 1931-ben állította be Prjanisnikov, nehéz vályogos, gyepes podzoltalajon. Humusztartalma 1,85%, összes N 0,105%, hidrolitos savanyúsága 4,6 mg ekv, kicserélődési savanyúsága 0,3 mekv/100 g, S érték 7,8 mekv/100 g talaj, V érték 63%.

A kísérlet alábbi kezeléseiben hasonlítható össze az istállótrágya és a műtrágyák hatása:

1. Trágyázatlan
2. 120 q/ha istállótrágya évente (37–60 kg N, 17–25 kg P_2O_5 , 40–50 kg K_2O és CaO tartalommal.)

28. táblázat

A mironovi kísérleti állomás terméseredményei, q/ha
1940–1952. évek átlaga

Kezelés	cukorrépa	őszi búza	borsó, lencse	zab
Kontroll	150	23,2	9,8	17,4
Istállótrágya	237	27,8	11,4	18,9
NPK	238	28,8	10,5	18,9
Istállótrágya (nagy adagú)	256	27,4	12,0	20,4
NPK (nagy adagú)	251	27,7	10,7	19,3
Ist. trágya + NPK (nagy adagú) ..	263	28,8	11,3	19,4

29. táblázat

A Dolgoprud-i kísérleti állomás 1. kísérletének terméseredményei
q/ha, 1931—54. évek átlaga

	Répa		Fű széna	
	meszezeve	mész nélkül	meszezeve	mész nélkül
1. Trágyázatlan	117	25	27,8	8,5
2. Istállótrágya	306	150	36,2	20,9
3. NPKCa	255	99	32,0	16,4

A 2. kísérlet terméseredményei
q/ha, 1931—56. évek átlaga

	rozs	zab	burgonya gumó	répagyökér
1. Trágyázatlan	18,3	13,5	123	67
2. Istállótrágya	25,2	19,1	192	177
3. NPKCa	27,7	21,9	201	143
4. ½ ist. trágya+½ NPKCa	25,8	21,2	196	167

3. NPKCa az istállótrágyával ekvivalens mennyiségben

4. ½ istállótrágya és ½ NPKCa összesen a 2. és 3. kezeléssel ekvivalens mennyiségben.

A trágyázott parcellák 25 év alatt összesen 900 kg N-t, 400 kg P₂O₅-t és 900 kg K₂O-t és CaO-t kaptak.

A vetésforgók a következők voltak:

1. forgó: zab, vöröshere, réti komócsin felülvetéssel, füveshere (első kaszálás után alászántva), őszi rozs, takarmányrépa. 1946-tól a parcellákat megfelezték és felét a hidrolitos savanyúság szerint meszezték. A parcellák mérete 72,5 m², a sorozatok száma 4.

2. forgó: ugar, őszi rozs, kapások (a parcella felén burgonya, felén takarmányrépa), zab. Ebben a kísérletben vizsgálták a nem pillangós zöldtrágya hatását is: a zabot virágzás idején leszántották, majd egy idő után zab helyett pohánkát szántottak le. A zöldtrágyázást a későbbiekben abbahagyták, mert semmi hatását nem

tapasztalták. A parcellák mérete 145 m² volt, ugyancsak 4 sorozatban.

Mint a 29. táblázatból látható, a kalászosoknál (rozs és zab) a műtrágyának jobb hatása volt, mint az istállótrágyának, a burgonyánál szintén. A répánál és a fűkeveréknél viszont az istállótrágyának volt jobb hatása, mint a műtrágyának, még meszezés mellett is, bár ez utóbbi esetben a különbségek az istállótrágya és a műtrágya hatása között kisebbek voltak, mint meszezés nélkül.

A zöldtrágyázásnak (nem pillangós növényvel, zabbal, illetve pohánkával) semmi hatása nem volt egyik növény termelésére sem.

A 25 éves trágyázás hatására, mint a 30. táblázatból látható, az istállótrágyázott parcellákon mintegy 20—25%-kal megnövekedett a talaj humusztartalma. A műtrágyázott parcellákon is látható némi növekedés a humusztartalomban, de az istállótrágyázottakéhoz képest sokkal kisebb mértékű. A talaj összes N tartalma

30. táblázat

A Dolgoprud-i kísérleti állomás talajának változása 25 év alatt (1956)

Kezelés	ugaros forgóban		herés forgóban	
	humusz	összes N	humusz	összes N
Trágyázatlan	1,39	0,093	1,48	0,093
Istállótrágya	1,76	0,096	1,92	0,110
NPKCa	1,53	0,091	1,57	0,093

31. táblázat

Moszkva Területi Burgonyagazdaság
A burgonya termése 1931–49. évek átlagában

Kezelés	q/ha	%	keményítő	
			hozam	%
Trágyázatlan	71	54	11,76	54
180 q istállótrágya	132	100	20,72	100
NPKCa (180 q ist. trágya)	149	113	21,92	106
360 q istállótrágya	174	132	27,14	131
180 q ist. trágya + NPKCa	197	150	29,35	142

gyakorlatilag változatlanak tekinthető. A talaj fizikokémiai vizsgálatai során azt állapították meg, hogy a talaj hidrolitos és kicserélhető savanyúsága csökkent az istállótrágyázott parcellákon, az adszorbeált kationok mennyisége és a talaj telítettsége viszont nőtt. Ennek a megállapításnak fordítottja érvényes a műtrágyázott parcellákra.

KOSELKOV, OKSZENTJAN, OSZIPOVA és HARKOV [16] szerint a kísérletekből az alábbi következtetések vonhatók le az istállótrágya és a műtrágyák hatásának összehasonlítására vonatkozólag:

1. Az istállótrágya és a műtrágyák lényegesen befolyásolják a gypespodzol talaj tulajdonságait. Növeli a humusztartalmat nemcsak az istállótrágya, hanem a nagyobbadagú műtrágya is a gyökérmaradványok mennyiségének növelése útján. Mindkét trágya gyarapítja a talaj könnyen felvehető tápanyagkészletét, különösképpen a nagyadagú műtrágya. A trágyák különböző hatással vannak a talaj mikrobiológiai életére.

2. Az istállótrágya és a műtrágyák hatása a termésre („mint tápanyag-forrás”) egyformának bizonyult. Meszezés nélkül több esetben az istállótrágya eredményezte a nagyobb termést, az istállótrágya savanyúságtompító hatása folytán. A talaj savanyúságának megszüntetésével az istállótrágya fölénye is nagyrészt megszűnt.

A dolgoprudi kísérletekben a gypespodzol talajon a nem pillangós zöldtrágya nem hatott.

Moszkva Területi Burgonyagazdaság
Tudományos Kutató Intézete

Az istállótrágya és a műtrágyák tartamhatása a burgonya termésére [9].

A kísérlet 1931–49. években folyt.

Talaja: fluvioglaciális üledéken kialakult gyengén podzolos talaj. pH-ja

(KCl-ban) 4,5–5,0, hidrolitos savanyúsága 1,29 mekv/100 g talaj, a kicserélhető bázisok mennyisége 1,35 mekv./100 g talaj, összes nitrogéntartalma 0,11%, a citromsavban oldható P_2O_5 10 mg %, a K_2O 18 mg %.

A vetésforgó növényei: burgonya, zab, zabosbükköny, vagy más pillangós füves keverék. A trágyákat mindig a burgonya alá adták, a többi növénynél a trágyák utóhatását vizsgálták. A felhasznált istállótrágya átlagos N tartalma 0,48%, P_2O_5 tartalma 0,26%, K_2O tartalma 0,44% és Ca tartalma 0,36% volt.

A kísérlet 11 kezelése közül az istállótrágya és a műtrágya hatásának összehasonlítására az alábbiak alkalmasak:

1. Trágyázatlan
2. 180 q/ha istállótrágya
3. NPKCa, 180 q istállótrágyával ekvivalens mennyiségben.
4. 360 q/ha istállótrágya
5. 180 q/ha istállótrágya + NPKCa, összesen 360 q/ha istállótrágyával ekvivalens mennyiségben.

A kísérlet háromszoros ismételten folyik, a parcellák mérete 300 m². A burgonya terméseit a 31. táblázat mutatja.

Mint látható, a műtrágya hatása jobb volt a burgonyánál, mint az istállótrágyáé, legnagyobb termést pedig az együttes istállótrágya és műtrágya adta. (Megjegyzendő, hogy e tápanyagszintnek megfelelő műtrágya kontrol nem volt.)

A terméseredmények és a meteorológiai adatok egybevetéséből kitűnik, hogy száraz években az istállótrágyázott parcellák termése kisebb mértékben csökkent, mint a műtrágyázottaké. A kísérlet kezdetétől fogva a trágyázatlan parcellák termése fokozatosan csökkent, a trágyázottaké pedig növekedett.

A trágyázás utóhatására a zab növényénél a műtrágyázott parcellák termése, a pillangós keveréknél az istállótrágyázott parcellák termése volt a jobb.

32. táblázat

Gluhovi kísérletek terméseredményei 1931—50 q/ha/év

Kezelés	Kender		Burgonya	Őszi búza	Árpa	Árpa	Zab	Herszén	Füves herszén
	mag	rost							
Trágyázatlan	2,8	4,2	132	8,5	14,3	9,7	23,1	36,4	55
400 q ist. tr.	6,5	9,1	277	16,7	24,8	14,3	26,2	43,1	99
NPK = 400 q ist. trágya	7,5	7,7	251	16,0	32,9	8,4	30,8	37,7	121
NPKCaMg ist.+ trágya ...	7,7	8,3	239	—	—	11,8	28,2	—	122

A vetésforgó növényeinek termése keményítőegységben 1931—49. évek átlagában az istállótrágya termését 100-nak véve a következőképpen alakult:

Trágyázatlan	58
180 q istállótrágya	100
NPKCa = 180 q ist. tr.	107
360 q ist. trágya	100
180 q ist. trágya + NPKCa..	110

18 év átlagában a termések ingadozása kiegyenlítődik. Végül is keményítőértékben a műtrágya 7—10%-os többletet adott az istállótrágyához képest. Iljén felhívja a figyelmet arra, hogy a fiziológiailag savanyú műtrágyák már néhány év elmúltával káros (depresszív) hatást eredményeznek. Ilyen esetben a meszezés fokozottan szükséges.

Gluhov, Szumi kerület

Az istállótrágya és műtrágya hatása a kender termésére és a talajra. [8]

A kísérlet 1931—57. években folyt.

A kísérlet talaja: sötétszürke, gyengén podzolos könnyű vályog, pH-ja vízben 6,6 KCl-ban 6,1. A talaj hidrolitos sava-

nyúsága 3,8 mekv/100 g, talaj, a kieserélhető bázisok összege 17,6 mekv/100 g talaj, telítettsége 82%, humusztartalma 3,7%, az összes N-tartalom 0,22%.

A kísérlet vetésforgójában 2—3 évenként szerepelt a kender, közben pedig árpa, őszi kalászosok, burgonya, répa vagy ugar volt.

A kísérlet kezeléseit a következők voltak:

1. Trágyázatlan
2. 200 q/ha istállótrágya
3. 400 q/ha istállótrágya
4. 800 q/ha istállótrágya
5. $N_{100}P_{100}K_{240} = 400$ q/ha istállótrágya (1949-től + CaMg)
6. $N_{120}P_{90}K_{90}$
7. $N_{90}P_{45}K_{90}$
- 8—14. kezeléseik ugyanazok, mint az 1—7. kezelések. A 8, 10, 13. parcellákat 1949-ben hidrolitos savanyúság szerint meszezték.

A kísérlet növényeinek termését a 32. táblázat mutatja.

Mint látható, a rostkendernél, a burgonyánál és a herénél az istállótrágya, a magkendernél, zabnál, füvesherénél a műtrágya adott nagyobb termést, őszi búzáknál és árpánál a hatás egyforma volt. A kísérlet egészére vonatkozóan sajnos nincs össze-

33. táblázat

Szumi kísérleti állomás VIUA
Terméseredmények 1936—1949. q/h /év

Kezelés	Őszi búza	Cukorrépa	Tavaszi búza	Fű (széna)
<i>A. kísérlet</i>				
1. Trágyázatlan	15,4	165	9,5	25,6
2. 200 q istállótrágya	21,7	267	13,2	44,9
3. NPK	21,6	276	13,9	41,6
<i>B. kísérlet</i>				
1. Trágyázatlan	14,8	162	11,1	25,1
2. 600 q istállótrágya	20,9	267	14,7	44,9
3. NPK	20,7	276	16,2	41,5

sító adat, de az egész vetésforgóban az istállótrágya és a műtrágya hatása között, ahogyan az adatokból látható, nem volt lényeges különbség.

Az istállótrágya és a műtrágya hatása a talajra hasonló, mint más kísérleti helyeken: a talaj savanyúságát az istállótrágya csökkentette, a kicserélhető kationok mennyiségét növelte. A talaj humusztartalma a kontrollon 4,3%-ról 3,7%-ra csökkent, az istállótrágya hatására, 5,2%-ra nőtt, a műtrágyázott parcellán pedig 3,8%-ra csökkent. Az istállótrágyával adott szervesanyagból 200 q/ha adag esetén 30,7%, 800 q adag esetén 13,7% maradt meg a talajban.

Szumi kísérleti állomás [7, 17]

E kísérletek 1935–49. években folytak, gyengén kilúgozott csernozjom talajon. A talaj pH-ja 6,1, a hidrolitos savanyúsága 1,9 mekv./100 g talaj.

A kísérletek vetésforgója: őszi búza, cukorrépa, tavaszi búza fűvel felülvetve.

Az istállótrágya és a műtrágyák hatásának összehasonlítására beállított kísérletek kezelése:

A) kísérletben :

1. Trágyázatlan
2. 200 q/ha istállótrágya (az őszi búza, cukorrépa és tavaszi búza alá)
3. NPK = 200 q istállótrágya/ha

B) kísérletben :

1. Trágyázatlan
2. 600 q istállótrágya
3. NPK = 600 q istállótrágya

A kísérletek terméseredményeit a 33. táblázat mutatja.

A talaj változása 12 év alatt a fenti kísérletekben ismertetett képet adja, a pH az istállótrágya hatására nem változott, a műtrágya hatására csökkent, a talaj savanyúsága viszont az istállótrágya hatására csökkent, a műtrágya hatására nőtt. A talaj humusztartalma a kísérlet kezdetén 4,88% volt. A trágyázatlan parcellán a humusztartalom 4,59%-ra, a műtrágyázott parcellán 4,82%-ra csökkent 12 év alatt, az istállótrágya hatására pedig 5,64%-ra növekedett. A talaj foszfor- és káliumtartalma az istállótrágyázás és a műtrágyázás hatására egyenlő mértékben nőtt, a N növekedés viszont az istállótrágyázott parcellákon nagyobb mértékű volt, mint a műtrágyázottakon.

A szovjet tartamkísérletekből kitűnik, hogy 15–25 éves időtartam alatt hol az istállótrágya, hol a műtrágya hatására volt nagyobb a termés a kísérleti növénytől, időjárástól, trágyázás módjától függően, a kísérlet egész időtartamát tekintve az istállótrágya és műtrágya hatása között lényeges különbség nincsen.

V. Az USA tartamkísérletei

Pennsylvania, State College, Agricultural Experiment Station [3]

A kísérletet 1881-ben kezdték meg, ez az USA legrégebbi ilyen irányú kísérlete.

A kísérleti terület éghajlata humid, az évi csapadék mennyisége 1883–1915. évek átlagában 973 mm. A csapadék nagyobb része tavasszal és nyáron esik le.

A kísérlet talaja agyagos vályog, al-talaja köves. A terület eléggé kiegyenlített. A szántott réteg összes N tartalma 0,115%, az oldható P_2O_5 mennyisége 0,05%, összes K_2O tartalom pedig 2,5%. Vízvezető képessége, kötöttsége ellenére, elég jó. A talaj a kísérlet beállítása előtt néhány évvel történt meszezés ellenére savanyú. Termőképessége jónak mondható.

A kísérlet kukorica—zab—búza—here vetésforgóban folyik, 4 ismétlésben. Összesen 144 parcellából áll. A hosszúkás parcellákat füves sáv választja el egymástól. A parcellák mérete 50 m².

A 34. táblázatban azoknak a kezeléseknak adatait tüntettem fel, amelyekből az istállótrágya és a műtrágya hatása összehasonlítható.

A táblázatból látható, hogy míg a trágyázatlan parcellák termése 40 év alatt csaknem a felére csökkent, addig a trágyázott parcellák termése — még a nitrogént nem kapott is — egy szinten maradt az első évek termésével, vagy emelkedett. Kivétel az ammónszulfáttal trágyázott parcellák termése, mely annál nagyobb mértékben csökkent, minél nagyobb volt az ammónszulfát adagja. Ez a jelenség a talaj elsavanyosodásával magyarázható.

Érdekes, hogy a PK parcella termése is megmaradt eredeti szintjén. A here tehát elegendő nitrogént gyűjtött ahhoz, hogy a vetésforgó többi növényét is ellássa nitrogénnel.

Wooster, Ohio [3]

A Wooster-i kísérleti állomáson 1893–1906. évek között 13 vetésforgó kísérletet állítottak be, amelyek évtizedeken keresz-

34. táblázat

Pennsylvania, State College
Négyszakaszos vetésforgó kísérlet. Terméseredmények relatív értékben

Kezelés	Adott trágyaadag kg/ha			Termés relatív értékben	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1882—1885.	1918—1921.
Trágyázatlan	—	—	—	100	58
270 q/ha istállótrágya	130	85	115	118	115
360 q/ha istállótrágya	175	115	155	116	128
450 q/ha istállótrágya	220	145	195	124	149
1 N (vérliszt) + PK	54	108	224	117	114
2 N (vérliszt) + PK	108	108	224	125	121
3 N (vérliszt) + PK	162	108	224	134	141
1 N (NaNO ₃) + PK	54	108	224	137	137
2 N (NaNO ₃) + PK	108	108	224	139	143
3 N (NaNO ₃) + PK	162	108	224	138	147
1 N (amm. szulf.) + PK	54	108	224	124	102
2 N (amm. szulf.) + PK	108	108	224	133	83
3 N (amm. szulf.) + PK	162	108	224	130	63
PK		108	224	113	113

A P-t eleinte csontliszt, majd dikalciumfoszfát alakjában, a K-t 50%-os KCl alakjában adták. A kísérlet egyes parcelláit időnként meszezték.

túl folytak és közülük több olyan akad, amelyben az istállótrágya és a műtrágyák hatása összehasonlítható.

Wooster az Erie tótól délre elterülő fennsíkon fekszik, 300 m-re a tenger szintje felett. Meglehetősen lejtős, eróziós terület.

Eghajlata csapadékos, az átlagos évi csapadék mennyisége 1888—1921. években 992 mm volt. A csapadék legnagyobb része márciustól augusztusig esik le, a tenyészidőszakban. Az évi csapadék mennyisége nem túlságosan ingadozó.

A kísérleti terület talaja homokkőből kialakult homokos vályog. Eredetileg tölgyerdő borította. Könnyen művelhető, jó vízáteresztőképességű, foszforban és

mészben szegény. Kémhatása savanyú. Összes N tartalma 0,094%, vízzoldható P₂O₅ tartalma 0,013, a szántott rétegben (16 cm). Agyagtartalma 20% körül van.

A kísérleti terület a talaj jó vízvezető-képessége ellenére alagsövezett. A vetésforgó minden növényét minden évben elvetik. A kísérletben adott trágyák mennyiségét és tápanyagtartalmát a 35. táblázat mutatja.

Amint látható, a kétszeres nitrogén műtrágya adagban valamivel több N-t adtak, mint az egyszeres istállótrágyában, s a kétszeres istállótrágyában valamivel több volt a N, mint a háromszoros nitrogénműtrágya adagban. Foszforból és ká-

35. táblázat

Wooster, Ohio, USA
Kukorica—zab—búza—here—komócsin vetésforgó. A kísérlet kezelései és az adott trágyák tápanyagtartalma kg/ha

Kezelés	Egy rotáció alatt adott trágyák tápanyagtartalma		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Trágyázatlan	—	—	—
180 q istállótrágya	72	36	58
360 q istállótrágya	144	73	117
1 NO ₃ + P + K	43	90	236
2 NO ₃ + P + K	86	60	146
3 NO ₃ + P + K	129	60	146
1 NH ₃ + P + K	43	90	236

36. tábl.

Wooster,
Ötszakaszos vetésforgó

Kezelés	Kukorica szem			Zab szem		
	1894—1908.	1909—1923.	1894—1923.	1894—1908.	1909—1923.	1894—1923.
	visz. szám		q/ha	visz. szám		q/ha
Ø	100	61	18,6	100	90	10,5
180 q ist. trágya	100	86	31,1	100	108	13,7
360 q ist. trágya	100	108	40,2	100	114	15,7
1 NO ₃ + PK	100	98	35,1	100	114	18,2
2 NO ₃ + PK	100	84	34,4	100	98	17,9
3 NO ₃ + PK	100	87	35,4	100	102	18,0
1 NH ₃ + PK	100	83	33,1	100	106	17,8

liumból az istállótrágyában $\frac{1}{2}$ -e— $\frac{1}{3}$ -a volt, mint a műtrágyában. A tápanyagoknak ilyen nagymértékű eltérése az egyes kezelésekben az istállótrágya és a műtrágya hatásának összehasonlítását megnehezíti.

A kísérlet 30 éves terméseredményeit a 36. táblázat mutatja.

Mint látható, a kalászosoknál a műtrágya adott nagyobb termést, a kukoricánál és a szalastakarmánynál az istállótrágya. A meszezés minden esetben növelte a termést s a meszezett parcellák termése a kísérlet folyamán kisebb mértékben csökkent, mint a többi parcelláé.

Az 1894-ben ugyancsak Wooster kísérleti állomáson beállított háromszakaszos burgonya—búza—here kísérlet trágyaadagjait és a termések mennyiségét az alábbi 37. táblázat tartalmazza.

A búza és a here termése 30 éven keresztül számottevően nem csökkent. Ez a háromévenként termelt here kedvező hatásával magyarázható. A burgonya termése a mindinkább elhatalmasodó betegségek, kártételek következtében csökkent nagymértékben. A közelálló hatóanyag-tartalmú istállótrágya és műtrágya hatása között nem lehet lényeges különbséget tenni.

Wooster, Ohio. Búza monokultúra kísérlet [3]

1894. óta folyik a kísérleti állomáson búza, kukorica, és zab monokultúra kísérlet, az ötszakaszos vetésforgó közvetlen közelében.

A kísérletben egyszeres és kétszeres istállótrágyaadag hatását hasonlítjuk össze.

37. táblázat

Wooster, Ohio, USA. Burgonya—búza—here vetésforgó
Terméseredmények q/ha

Kezelés	A rotáció folyamán adott tápanyagok mennyisége kg/ha			Burgonya		Búza (szem)		Here széna	
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	1894—1908.	1909—1923.	1895—1909.	1910—1923.	1896—1910.	1911—1923.
Trágyázatlan	—	—	—	103,5	58,3	18,5	16,3	40,9	37,8
180 q ist. trágya (búza alá)	72	36	58	129,8	86,0	21,9	19,6	48,8	48,2
180 q ist. trágya (búza alá)	72	36	58	113,5	78,3	22,4	23,4	51,7	50,6
360 q ist. trágya (búza alá)	144	73	117	121,0	107,8	23,5	24,6	57,8	57,6
90 q ist. trágya (búza alá)	36	18	29	108,9	69,4	21,6	21,6	47,1	46,6
NPK	57	78	168	128,7	93,3	26,0	25,3	49,6	48,6
NPK	69	52	112	128,6	86,4	26,2	24,7	50,2	49,1
NPK	43	52	112	123,7	83,5	23,3	24,5	47,9	47,6
NPK	28	52	112	126,8	84,5	23,8	24,8	46,9	45,8

látat

Ohio, USA

kísérlet terméseredményei

Búza szem			Here széna			Komócsin		
1894—1908.	1909—1923.	1894—1923.	1894—1908.	1909—1923.	1894—1923.	1894—1908.	1909—1923.	1894—1923.
visz. szám	q/ha		visz. szám	q/ha		visz. szám	q/ha	
100	97	6,7	100	58	14,1	100	79	24,9
100	125	12,6	100	78	25,6	100	89	34,5
100	132	15,8	100	97	36,7	100	105	43,6
100	110	15,4	100	81	25,6	100	98	32,6
100	98	18,0	100	72	27,7	100	84	35,0
100	98	18,6	100	75	28,9	100	85	33,8
100	101	14,9	100	73	21,9	100	96	31,0

szé olyan műtrágya adagokkal, melyeknek nitrogén tartalma megegyezik az egyszeres, illetve a kétszeres istállótrágya adag nitrogén tartalmával. A nitrogén adagok egy szintre hozatala nem minden esetben sikerült az istállótrágya változó összetétele miatt. A kísérletek kezeléseit és terméseredményeit a 38. sz. táblázat mutatja.

Mindkét kísérletben a trágyázatlan termések igen kicsik voltak. A termések ingadozásának oka az elgyomosodás, a fajta változása, időjárási, stb. tényezők hatása. Időben csökkenő terméstendenciát nem lehet kimutatni. A műtrágya hatása az istállótrágya hatásánál — még felcanyagi nitrogéntartalom esetén is — jobb volt.

A kukorica monokultúra kísérlet terméseredményei az idő folyamán nagyon erősen csökkentek, különösképpen az istállótrágyázott parcellákon. Az egyszeres nitrogénadagot tartalmazó műtrágya is nagyobb terméstöbbletet eredményezett, mint a kétszeres adagú istállótrágya.

Columbia, Missouri. Búza monokultúra [3]

1888. óta folyik a columbiai egyetem kísérleti területén monokultúrák búza, zab, kukorica, here és komócsin kísérlet. Ugyaneköz a növények összehasonlításaképpen vetésforgó kísérletben is szerepelnek.

A kísérleti terület talaja sötét szürkésbarna, nehéz agyagos vályog, 30 cm mélységben valamivel világosabb altalajjal. 1915. évi elemzési adatok szerint a felső 20 cm-es talajréteg összes nitrogéntartalma 0,100—0,152%, foszfortartalma 0,043—0,072% és káliumtartalma 1,4%. A talaj reakciója gyengén savanyú (pontos vizsgálati adatok nem állnak rendelkezésre).

Az adott trágyaadagok és a kísérlet terméseredményei a 39. táblázatban láthatók.

A kísérletben a termések általában igen alacsonyak voltak. Az évek során a termések nem csökkentek a trágyázatlan területen sem. Az istállótrágya és a műtrágya hatása között nem volt különbség.

38. táblázat

Wooster, Ohio. Terméseredmények
Szemtermés q/ha

Kezelés	Búza monokultúra				Árpa monokultúra			
	1894—1903.	1904—1913.	1914—1923.	1894—1923.	1894—1903.	1904—1913.	1914—1923.	1894—1923.
Trágyázatlan	6,2	3,9	4,5	4,9	8,7	7,2	6,2	7,4
N ₂₈ P ₂₈ K ₅₆	14,0	11,7	13,0	12,9	14,8	14,3	13,3	14,1
N ₅₆ P ₂₈ K ₅₆	15,4	14,4	15,3	15,1	17,5	15,9	16,1	16,5
56 q ist. trágya	9,3	8,8	10,5	9,5	10,7	11,0	9,1	10,2
112 q ist. trágya	11,5	12,2	14,4	12,7	12,8	14,0	11,7	12,8

39. táblázat

Columbia, Missouri. Búza monokultúra
Terméseredmények q/ha

Kezelés	1889–1898.	1899–1908.	1909–1918.	1919–1927.
Trágyázatlan	6,4	7,5	4,9	7,1
Istállótrágya (15 000 kg/ha = 72 kg N, 13 kg P ₂ O ₅ , 54 kg K ₂ O)	12,5	11,7	10,6	14,8
N ₃₅ K ₅₅ P ₃₀ , (NaNO ₃ , KCl, szuperfoszfát alakjában)	11,9	11,9	11,4	14,3

VI. Finnország

Finnországban, a Mustiala-i tangazdaságban (Tikkurila) és az országban még 3 helyen vizsgálták az istállótrágya és a műtrágya hatását. 25 éves kísérletekből arra az eredményre jutottak, hogy az istállótrágya növelte a talaj „termékenységet”, azaz humusz- és nitrogéntartalmát, javította fizikai tulajdonságait, ezzel szemben a műtrágya terménynövelő hatása nagyobb volt.

VII. Lengyelország

Lengyelország [10] a varsói Mezőgazdasági Főiskola kísérleti telepén (Skierniewice) homokos podzoltalajon 40 évig vizsgálták az istállótrágya és a műtrágya hatását különböző kertészeti növényekre monokultúrában és vetésforgóban. Megállapították, hogy a 40 év folyamán a bab, petrezselyem, hagyma, fokhagyma, uborka, zeller, fejeskáposzta az istállótrágya hatására adott nagyobb termést. A sárgarépnánál és a zöldborsónál az istállótrágya és a műtrágya egyforma hatású volt, burgonyából és paradicsomból pedig a műtrágya adott nagyobb termést. Megjegyzendő, hogy az istállótrágyával jóval több tápanyagot adtak a talajba, mint a műtrágyával.

A kísérletekből levonható következtetések

A fent ismertetett tartamkísérletekből az látható, hogy a kísérletek talajának, éghajlati és egyéb viszonyainak eltérése ellenére is az istállótrágya és a műtrágyák hatásában, hosszú évtizedek alatt, azonos jellegű törvényszerűségek nyilvánulnak

meg. E törvényszerűségek a következőkben foglalhatók össze:

1. A műtrágya hatása az azonos hatóanyag-tartalmú istállótrágyánál nem eredményezett kisebb termést. Azokban a kísérletekben, ahol az istállótrágyában jóval több (2, 3-szor, sőt 5-ször annyi) tápanyagot adtak, mint a műtrágyákban, ott egyes esetekben az istállótrágya, más esetekben a műtrágya adott 10–20%-kal nagyobb termést, több évtized átlagában.

2. Az istállótrágyának a benne levő tápanyagok hatásán kívül egyéb kedvező hatása is van a talajra és a növényre: NPK tartalma mellett kalciumot, magnéziumot, mikroelemeket is tartalmaz, a talaj savanyúságát tompítja, javítja a talaj fizikai tulajdonságait. Ezek a kedvező tulajdonságok különösen a savanyú vagy erősen mikroelemhiányos talajokon ütköznek ki. Ezenkívül tény az is, hogy az istállótrágyának hosszú ideig tartó utóhatása van, továbbá nagyobb mértékben növeli a talaj szervesanyag és összes N tartalmát, mint a műtrágyázás, és növeli a talaj-mikroorganizmusok számát.

3. Az istállótrágyának mindezen tulajdonságait figyelembe véve is a közölt kísérletek adataiból megállapítható, hogy a kemizálás mai szintjén az adott talajokon az istállótrágya nem nélkülözhetetlen, alkalmazásának tartós mellőzése nem teszi lehetetlenné a termelést. Megfelelő műtrágyákkal, mikroelem trágyákkal, talajjavító anyagokkal lehetséges olyan termések elérése – az adott talajokon –, mint az istállótrágyával.

BALLA ALAJOSNÉ

Érkezett: 1964. május 6.

Irodalom

- [1] ANSORGE, H.: Untersuchungen über den Einfluss der unterschiedlichen Düngung auf die Böden des „Statistischen Versuches“ Lauchstädt. Z. Landw. Vers. Untersuchungen 3. 499–532. 1957.
- [2] ANSORGE, H.: Vergleichende Nährstoffuntersuchungen am „Statistischen Versuch“ Lauchstädt. Z. Landw. Vers. Untersuchungen 4. 347–364. 1958.
- [3] BÖHME, R. W.: Die Dauer der Ertragsfähigkeit der Böden unter ver-

- schiedenen Anbausystemen. Kühn-Archiv. **26**. 48—412. 1930.
- [4] CHAMBERS, W. S.: Nutrient composition of the products of the Broadbalk continuous wheat experiment. *J. Agric. Sci.* **43**. 47—489. 1953.
- [5] COOKE, G. W., MATTINGLY, G. E. G. & WILLIAMS, R. J. B.: Changes in soil of a long-continued field experiment at Saxmundham Suffolk. *J. Soil Sci.* **9**. 298—305. 1958.
- [6] FEKETE, B.: A világ jelentősebb trágyázási tartamkísérletei. (Témadokumentáció.) OMgk. Budapest. 1958.
- [7] KORIKOV, N. A.: Rezultati opitov po izucseniju szisztemi udobrenia szeklovicsnovo szevooborota na szlaboviscselocsennom csernozjeme. Vlijanije dlitelnovo primenenija udobrenii na plodorodie pocsvi i produktivnoszty szevooborotov. Izd. Min. Sz/h. SSSR. Moszkva. 1960.
- [8] GORODNIJ, N. G.: Vlijanije dlitelnovo primenenija udobrenii na agronomicseszkiye szvojsztva pocsvi i uroszaj kultur konopljanovo szevooborota. Izd. Min. Sz/h. SSSR. Moszkva. 1960.
- [9] ILJIN, V. F.: Vlijanije dlitelnovo primenenija navoza i mineralnih udobrenii na szupeszesanoj podzolisztój pocse na uroszaj i kaceszto kartofelja. Izd. Min. Sz/h. SSSR. Moszkva. 1960.
- [10] IVERSEN, K.: Stalldüngerversuche der dänischen Versuchsstation Askov und Lyngby. *Z. Pflernähr. Düng.* **7**. B. 457—471. 1928.
- [11] IVERSEN, K.: Dänische Versuche mit Stalldünger und Kunstdünger. Bodenanalysen und Feldversuche. *Z. Acker. Pflbau* **110**. 1—32. 1960.
- [12] IVERSEN, K.: Bemerkungen zu dem vorstehenden Beitrag über „Dänische Versuche mit Stallmist und Kunstdüngern. *Z. Acker. Pflbau*. **111**. 435—440. 1960.
- [13] JAHN—DEESBACH, W.: Der Einfluss unterschiedlicher Düngungsmassnahmen auf Boden und Pflanze im langjährigen Nährstoffmangelversuch in Thyrow bei Berlin. *Z. Acker. Pflbau*. **114**. 121—156. 1962.
- [14] KLAPP, E. & SCHULZE, E.: Dänische Versuche mit Stalldünger und Kunstdünger. *Z. Acker. Pflbau*. **111**. 435—440. 1960.
- [15] KOLBE, O.: Das Versuchsfeld des Institutes für Pflanzenernährung und Bodenkunde der Landwirtschaftlichen Fakultät an der Martin Luther Universität. Halle—Wittenberg. 1958.
- [16] KOSELKOV, P. N., OKSZENTJAN, I. G., OSZIPOVA, Z. M. & HARKOV, D. V.: Vlijanije dlitelnovo vnyeszenia navoza i mineralnih udobrenii na plodorodie gyernovo-podzolisztój tjázseloszuginyisztój pocsvi. Izd. Min. Sz/h. SSSR. Moszkva. 1960.
- [17] KUDZIN, JU. K.: Vlijanije dlitelnovo primenenija udobrenii na nyekatorije szvojsztva csernozjema i produktivnoszty rasztyenii. Izd. Min. Sz/h. Moszkva. 1960.
- [18] LJUBARSKAJA, L. Sz.: Vlikanije navoza i mineralnih udobrenii pri dlitelnom szisztematicseszkom primenenii na uroszaj kultur i plodorodije pocsvi. Izd. Min. Sz/h. Moszkva. 1960.
- [19] MERKER, J.: Untersuchungen an den Ernten und den Böden des Versuches „Ewiger Roggenbau“ in Halle (Saale). Kühn-Archiv. **70**. 153—213. 1956.
- [20] NEHRING, K.: Der Einfluss der organischen Düngung auf Humusgehalt und Humusform im Boden. *Z. Landw. Vers. UntersuchWesen.* **7**. 531—543. 1961.
- [21] RUSSEL, E. J.: The Rothamsted experiments on the growth of wheat, 1843—1933. Ninety years of continuous wheat on one field. *Mezőgazd. Kut.* **6**. 522—542. 1933.
- [22] RUSSEL, E. J.: Fünfzig Jahre Dauerfeldversuche in der Versuchsstation Woburn, einer Abteilung der Versuchsstation in Rothamsted. *Landwirtsch. Jb.* **84**. 161—261. 1937.
- [23] RÜTHER, H., & ANSORGE, H.: Ein halbes Jahrhundert „Statistischer Versuch“ Lauchstädt II. *E. Landw. Vers. UntersuchWesen* **5**. 99—121. 1959.
- [24] SCHMALFUSS, K.: Siebzig Jahre „Ewiger Roggenbau“. Kühn-Archiv. **63**. 1—14. 1950.
- [25] SCHMALFUSS, K.: Der Feldversuch „Ewiger Roggenbau“ in Halle. Die Phosphorsäure. **17**. 133—143. 1957.
- [26] SCHMALFUSS, K.: Fragen der organischen Düngung. Sitzungsber. D. Akad. Landw. **7**. Heft 3. 1958.
- [27] SCHMALFUSS, K. & KOLBE, G.: Der „Ewiger Roggenbau“ in Halle nach 80 Jahren. *Wiss. Z. M. Luther Univ. Halle—Wittenberg. Math.-Naturw. Reihe.* 425—431. 1961.
- [28] SCHMIDT, L.: Dauerversuche in Deutschland. Dipl. Abt. d. Landw. Fak. d. Univ. Rostock. 1959.
- [29] SELKE, W. & SCHMIDT, U.: Ein halbes Jahrhundert „Statistischer Versuch Lauchstädt.“ *Z. Landw. Vers. UntersuchWesen.* **2**. 60—85. 1956.

- [30] SZOBOLJEV, O. Sz.: Gyejsztvije na-voza i mineralnih udobrenii v szvek-loviesnom szevooboroty na csernoz-jemoj pocse. Izd. Min. Sz/h. SSSR. Moszkva, 1960.
- [31] TELEGDY-KOVÁTS L.: Rothamsted és szerepe a mezőgazdasági tudományok fejlesztésében. Mezőgazd. Kut. **8.** 338—351. 1935.
- [32] Wegweiser durch die Felder der Versuchsstation Thyrow 1959. Inst. Acker- u. Pflbau Humboldt Univ. Berlin, 1959.
- [33] WORREN, R. G.: NPK residues from fertilizers and farmyard manure in long-term experiments of Rothamsted. Proc. Fert. Soc. No 37. 1956.